Министерство образования и науки РФ
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ"
им. В.И. Ульянова (Ленина)

V НАУЧНО- ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
«НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО»
ДЛЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Сборник материалов конференции
17 – 18 марта 2017 г.

Санкт-Петербург
2017

V НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО» ДЛЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Организаторы

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), ПАО «Светлана», ООО "Ультразвуковая техника - ИНЛАБ", компания ПРОСОФТ, компания LinguaTrip, Inc "

Тематика конференции включает следующие направления

- Информатика, вычислительная техника и информационная безопасность
- Прикладная математика и системный анализ
- Электроэнергетика, автоматизация и механотроника
- Радиотехника и инфокоммуникационные технологии
- Приборостроение и биотехнологии
- Электроника и оптоэлектронные приборы
- Наноматериалы и нанотехнологии
- Управление качеством

Сборник материалов содержит доклады, представленные на IV Научно-технической конференции с международным участием «Наука настоящего и будущего» для студентов, аспирантов и молодых ученых, состоявшейся 17 – 18 марта 2017 года в Санкт-Петербурге. Основной задачей конференции является развитие творческой активности студентов, привлечение их к решению актуальных задач в области науки и техники. Материалы конференции в сборнике приведены в авторской редакции.

Научно-техническая конференция проведена при финансовой поддержке СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ 16

С.С. Аношкин, А.М. Загоскин
Анализ исторического развития микроконтроллеров 16

А.Н. Арсениев
Инновационные технологии в области поддержки клиентов 18

Д.С. Афанасьев, Е.А. Бардакова, Д.С. Быстряков
Детектор запахов для регистрации угроз безопасности 20

К.А. Афашокова
Формирование мотивов перемещений сотрудников внутри организации 21

К. Бабича, В. В. Гульванский
Разработка комплекса демонстрационных примеров для изучения лабораторного стенда на основе преобразователя частоты fr-e720s-030sc-ec и контроллера al2-14mr-d 23

А.К. Балаев
Обоснование требований к интернет-ресурсу в условиях оптимизации для мобильных устройств 26

Я.А. Бекенева
Исследование drdos-атак и методов защиты от них методами имитационного моделирования 28

Н.С. Булыгин, А.А. Пазников
Анализ эффективности выполнения атомарных операций в паралельных программах. 30

Д.С. Афанасьев, Е.А. Бардакова, Д.С. Быстряков
Анализ областей применения аромосенсорных систем 32

Р.И. Сольницев, Л.А. Бундина
Вопросы построения системы управления организацией по результатам 33

А.А. Вахрушев
Web Bluetooth в интернете вещей 35

Т.С. Вахрушева
Применение технологий дополненной реальности в образовании 37

В.В. Ворочек, М.А. Порошин, Д.Е. Журавлев
Разработка системы поиска и предоставления информации для туристов 39

Р.Ш. Гарифуллин, А.А. Пазников
Разработка потокобезопасного пула без использования блокировок на основе распределяющих деревьев 40

Д.А. Грачева
Сравнительный анализ систем автоматизированного проектирования Компас и PTC Creo 41

А.П. Грейнер
Автоматизация сбора, хранения и анализа информации о ходе технологического процесса на нефтебазе 44

Д.С. Дементьев, К.А. Михайлов
Применение разделяемых библиотек для создания масштабируемого сервера информационной системы 46

Д.С. Духовников, В.С. Никулина, М.Н. Дозоров
Разработка проблемно-инвариантного ядра для решения задач оптимизации в среде PSpice 48

Д.Е. Журавлев, М.А. Порошин, В.В. Ворочек
Извлечение объектов и фактов из текстов 50

Д.А. Зыков
Разработка программного обеспечения ультразвукового дефектоскопа 51

С.И. Калиберда
Инспекции по Фейгану 54

А.В. Калюжный
Разработка плагина Vagrant для клонирования виртуальных машин 56

Н.С. Карулин
Статический анализ кода программы выявления вариаций генетической последовательности с помощью модифицированных карт Константайна как средство достижения масштабируемости, поддерживаемости и надежности ПО 59

Г.С. Киселев
Разработка базы данных для учета эффективности работы экспертов ЕГЭ 61

Н.В. Компанищенко
Разработка алгоритма сжатия, распаковки голосовых команд и распознавания через YandexSpeech Kit 64

Е.Е. Копец, В.Г. Рыбин
Система сбора биометрических данных пчелиного улья 66

И.А. Короткова
Управление проектами в условиях неопределенности 68

А.В. Костина, А.Ю. Кунац, В.Г. Миснянкин, М.А. Стельмах
Эхо-метод сокрытия информации в аудиофайлах 69

А.А. Крючков
Системы управления рисками, связанные с утомляемостью 71

М.Е. Кузьмин
Разработка программной системы для проведения голосований на основе технологии Blockchain 73

И.А. Кулаков, Д.В. Константинов
Сравнение OpenMP на платформах Windows, Linux, WSL 75

А.Ю. Кунац, В.Г. Миснянкин, А.В. Костина, М.А. Стельмах
Проектирование системы электронного документооборота для ведения нормативных данных учебного процесса ВУЗа 78

Ю.А. Макаренко
Особенности автоматизации конгрессно-выставочной деятельности 79

Г.Д. Макогонюк
Разработка приложения дополненной реальности для мобильной платформы Android 81

Е.А. Малинина
Анализ описаний электронных схем в формате Spice, для определения размерности задачи моделирования 84

Р.А. Маркелов, А.Козырева, Р.И. Сольницев
Применение аддитивных технологий для изготовления компонентов командных приборов 86

А.А. Мержанова
Следящая система контроля температуры 88

А.А. Мирко
«Умная лестница» 90

В.Г. Миснянкин, А.Ю. Кунац, А.В. Костина, М.А. Стельмах
Способы развития обработки цифровой картографической информации в автоматизированных средствах управления кораблем 92

А.А. Михтеева, И.В. Лемко, Я.В. Беляев, Д.В. Пузанков
Автоматизированная методика проектирования цифро-аналоговых преобразователей для интегральных схем микромеханических датчиков 95

Нгуен Ван Чыонг
Адаптивный алгоритм оценки движения в задачах сжатия видеоданных 97

Н.Н. Невирковец, Я.В. Беляев, А.А. Михтеева
Повышение надежности блоков интегральной схемы 99

А.В. Никитин
Разработка встраиваемой конфигурации «Управление рекламными кампаниями» на базе технологической платформы «1С: Предприятие» 103

А.Р. Омельниченко, А.А. Пазников
Алгоритмы реализации потокобезопасных АВЛ-деревьев без использования блокировок 105

Д.В. Паничев
Разработка системы вебинаров для мобильной платформы Android 106

А.О. Савельев
Исследование свойств дискретных операторов при компьютерном моделировании системы Томаса 108

М.А. Сиднев
Разработка платформенно-независимой системы формирования контуров для 3D моделирования медицинских объектов 110

В.А. Смирнов, А.А. Пазников
Анализ эффективности реализации потокобезопасных ассоциативных массивов на основе транзакционной памяти 112

М.А. Стельмах, В.Г. Миснянкин, А.Ю. Кунац, А.В. Костина
Использование промежуточных языков представления для упрощения процесса перевода естественного языка в запросы к базе данных 114

В.Ю. Степанов
Использование онтологий для гармонизации различных стандартов 116

Е.А. Татаринова
Система электронного обучения на открытой платформе ILIAS 118

А.С. Харитонов
Автоматизация теплицы на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi и графического конфигуратора Node-RED 120

Н.Н. Шувалов, Н.Н. Жуков
Система аутентификации на основе NFC 122

С.А. Ямашкин, Е.О. Ладанова, С.А. Федосин
Использование MVC в структуре геопортальной системы 124

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ 127

Е.Н. Бородулина
Многоуровневая мультиагентная модель социальной среды сложной социотехнической системы 127

Н.А. Каврецкий
Основные принципы создания сайта для детей 128

Ю.А. Камышова
Анализ рисков программных проектов с применением стохастических моделей 130

Е.Д. Караваева
Соперничество как метод адаптации персонала к трудовой деятельности 132

А.С. Кондратьев
Исследование методов разрешения фазовой неоднозначности и реализация алгоритма обработки двухчастотных измерений на базе программной библиотеки RTKLIB 134

К.Д. Крюкова
Автоматическое выделение границ костных тканей на растровых изображениях рентгенограмм 138

В.В. Чернокульский, Н.В. Размочаева
Проектирование мобильного робота для отладки алгоритмов автономного управления 140

Ю.Л. Семенова
Применение адаптивных моделей при разработке обучающих программ 142

В.И. Устинов
Совершенствование надежности эргатических систем в авиации 144

Д.Э. Шумская
Проектирование пользовательского интерфейса для людей с ограниченными возможностями 145

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕХАТРОНИКА 150

И.В. Альгин, В. О. Осипов

Разработка и исследование математической модели гидропривода термопластавтомата 150

Г.Д. Баранов, М. А. Ваганов
Методика проектирования асинхронного торцевого двигателя 151

И.И. Бобров, Ю.Н. Сердитов, В.В. Гульванский
Разработка стенда управления позицией РАУ-107а с помощью оборудования Mitsubishi Electric 153

С.В. Гадецкий, Р.А. Максимов, И.А. Шалай, В.А. Дятлов
Автоматизация процессов управления микроклиматом в теплицах 155

М.Н. Галанова, И.Н. Куняпкин, Д.А. Меркулов, О.Ф. Цуверкалова
Оценка состояния технологических процессов на АЭС с помощью программного пакета «STATISTICA» и трехкомпонентного вектора 158

А.В. Вейнмейстер, А.В. Девяткин
Настройка подсистемы измерения углового положения квадрокоптера 160

В.А. Дятлов, С.В. Гадецкий, Р.А. Максимов
Применение компьютерного зрения в задачах управления 162

В.С. Захаров
Цифровые системы управления асинхронным электродвигателем 164

М.А. Ковалева
Расчет силовой части лабораторной установки СТАТКОМ 166

А.П. Корнеев
Новый способ аппроксимации передаточной функции электромеханической системы с распределенными параметрами 168

А.А. Корякина, Р.С. Жучков
Электропривод миниатюрного манипулятора 170

А.О. Кузубов
Моделирование нейросетевой системы управления динамическим объектом 172

А.В.Лилло
Плата преобразования сигналов системы управления активным магнитным подвесом 173

Р.М. Миннебаев, К.Д. Викторов
Дестабилизация устойчивого положения маятника на каретке и его стабилизация в положении неустойчивого равновесия 175

Ю.В. Павлова
Управление активным выпрямителем напряжения 177

Д.А. Панкратьев
Разработка блока питания системы управления активным магнитным подвесом 179

К.А. Петрова
Система распознавания дорожных знаков для роботизированного комплекса на основе Arduino и Raspberry Pi 181

И.А. Рааб, В.О. Осипов
Разработка и исследование системы управления плоскошлифовальным станком 184

Т.М. Сагаян
Разработка лабораторного стенда для исследования характеристик сервопривода 185

И.Н. Скриган, Д.Б. Лопух, А.В. Вавилов, А.П. Мартынов
Математическое моделирование индукционных систем с холодным тиглем 187

М.В. Степанова
Синтез функционального наблюдателя состояния на примере двухмассовой электромеханической системы 190

О.В. Стрельцова, А.С. Бондарь
Сравнение энергосберегающих источников света с точки зрения влияния на сеть 192

И.С. Тимонин
Способы оптимизации расчета магнитной цепи асинхронной машины 194

В.А. Тоскунов, А.П. Мартынов, Д.Б. Лопух, А.В. Вавилов
Разработка лампового генератора донного сливного устройства повышенной надежности для остекловывания высокоактивных отходов 196

А.С. Третьяков, О.А. Капитонов
Исследование энергетических режимов работы асинхронного электродвигателя улучшенной конструкции 198

А.И. Храпков
Микроконтроллерный имитатор типовых объектов управления 200

И.А. Шалай, П.В. Деркач, С.В. Гадецкий, Р.А. Максимов
Получение биогаза 202

РАДИОТЕХНИКА И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 207

А.Н. Болдырев
Проектирование широкополосного ТЕМ-рупора 207

Л.А. Борисова
О возможности определения УОЛ с использованием прецизионного инерциального модуля и 4-х антенной спутниковой аппаратуры 208

И.М. Давыдов
Диплексор сигналов приемника РЛС 209

Ю.А. Елисеева, А.О. Елистратов
Акустика зрительного зала Владимирского областного театра кукол 212

В.И.Костриков
Стабилизатор фазы сигнала опорной частоты для радиотелескопа 214

Н.В. Лебедев, В.В. Кучерук
Принципы автоматизации управления приемопередающим каналом и получения данных ввода-вывода на базе программируемых микроконтроллеров STM32 215

Н.Г. Макагонов, А.И. Посягин
Разработка прототипа нейросетевого аналого-цифрового преобразователя 217

А.С. Орловский
Современная элементная база для построения синтезаторов с ФАПЧ 219

Н.Ю. Ошурков
Передатчик для беспроводной зарядки мобильных устройств 220

К.Д. Подолянец
Применение аддитивных технологий при создании кольцевых экранов спутниковых антенн 223

В.И. Худяков
Исследование некоторых закономерностей при представлении периодических сигналов рядами Фурье в тригонометрической форме 225

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И БИОТЕХНОЛОГИИ 227

А.А. Асеев
Исследование частотных свойств демпфированных пластинчатых пьезопреобразователей для ультразвукового иммерсионного контроля 227

М.С. Ашапкина, А.В. Алпатов, А.А. Чекушин
Разработка системы реабилитации суставов в амбулаторный период 228

П.И. Бабчина, Е.М. Петрова
Разработка биомеханического метода определения оптимальных нагрузок при искривлениях грудного отдела позвоночника..... 230

А.П. Батуева
Влияние голода на чувствительность инфузории 233

Г.Т. Башарова
Анализ влияния геометрических параметров бляшки внутренней сонной артерии на характер потока крови 234

А.Л Башкова, Н.Е. Потапов
Оценка внутрииндивидуальной вариабельности параметров форсированного выдоха 236

Э.А. Даминова, Т.В. Мирина
Подограф портативный..... 239

П.А. Дубровина
Методика построения 3D-модели строения головы человека 240

Л.А. Загирова, А.Л. Башкова, Е.С. Бегунов, Н.Е. Потапов
Разработка универсального симулятора сигналов пациента 242

Р.Б. Исаев
Система оказания экстренной медицинской помощи больным эпилепсией..... 245

П.А. Квиндт, А.Л. Овсепьян, П.И. Бегун
Алгоритм биомеханического исследования структур клапана аорты при кальцинозе. 246

Г.С. Киселев
Устранение шумов в ЭМГ-сигнале с помощью дискретного преобразования Фурье 248

А.С. Кузюкова, М.С. Степанова, Е.С. Сучкова
Разработка автоанализатора для определения ХПК в сточных водах 250

А.А. Ледкова
Современные методы опреснения морской воды 252

Л.М. Некрасова
Исследование эффективности применения терагерцевого излучателя для ранней диагностики заболеваний молочной железы 255

А.А. Нугманова
Автономный электростимулятор желудочно-кишечного тракта 256

А.Л. Овсепьян, Чан Чонг Хыу, Е.В. Садыкова
Микропроцессорная система диагностики сонного апноэ в домашних условиях..... 258

А.Л. Овсепьян, П.А. Квиндт, Е.А. Лебедева
Алгоритм проведения исследований внутренних органов..... 260

И.Ю. Ошурков
Применение импедансного метода акустического неразрушающего контроля для выявления дефектов вертолетных лопастей 260

Е.М. Петрова, П.И.Бабчина, Е.И. Дмитриева
Алгоритм проведения биомеханического исследования состояния структур коленного сустава при эндопротезировании..... 265

Н.Е. Потапов, А.Л. Башкова
Методы регистрации и анализа данных при реализации удаленного мониторинга пациентов с ХОБЛ 267

Ю.В. Богачев, А.В. Никитина, А.А. Костина, В.А. Сабитова
Исследования ЯМР протонной релаксационной эффективности в водных растворах магнитных наночастиц для целей биомедицинской тераностики 268

Ю.В. Саблина, Г.А. Машевский, Д.С. Юрьева, А.Б. Пальчик
Информационная система для оценки риска возникновения задержки развития у детей раннего возраста с нарушениями слуха 270

Д.А. Самоквитов
Разработка устройства для регистрации и контроля скорости передвижения объекта в пространстве, в медицине и в спорте 273

М.И. Семенова
Оценка состояния атмосферных осадков в Выборгском районе города Санкт-Петербурга 275

В.А. Симон, С.С. Аношкин, А.М. Загоскин, Д.В. Овчинников
Разработка одноканального электроэнцефалографа для мониторинга глубины анестезии 279

А.И. Скоробогатова
Алгоритм измерения артериального давления с использованием нейронных сетей 281

А.И. Скоробогатова, Е.В. Алексеенкова, Р.Б. Исаев, И.А. Некрасов
Разработка макета устройства для синхронной регистрации значимых физиологических показателей человека 283

А.Д. Сутягина, Е.К. Ляхова
Разработка суточного монитора артериального давления 285

А.С. Тихоненков, А.В. Пересыпкин
Разработка автономных систем автоматики на базе программируемых отладочных плат Arduino 287

Д.А. Томашевич
Система управления протезом верхней конечности при ампутации на уровне предплечья 289

А.Д. Трошева, К.Н. Болсунов
Система поддержки принятия решений при коррекции психофизиологического состояния профессиональных спортсменов 290

А.В. Ульянова, Г.А. Машевский, Д.С. Юрьева, А.Б. Пальчик
Информационная система для выявления отклонений в развитии детей раннего возраста с нарушением слуха на основе группировки факторов риска 293

Н.Б. Фархутдинова
Устройство для регистрации приступов бронхиальной астмы 295

Е.В. Фогт
Технология исследования состояния плеча после вывиха в плечевом суставе 297

Л.М. Хайрбаева, Е.А. Пустозеров, П.В. Попова, А.С. Ткачук, Я.А. Болотько
Применение регрессионной модели для прогнозирования гликемии у больных гестационным сахарным диабетом 299

К.Л. Хузягулова, Т.В. Мирина
К вопросу создания прибора для регистрации движений глаз 301

М.С. Ча
Использование вейвлет-преобразования для устранения окулографических артефактов 303

А.В. Шавшина, В.Ю. Вишневецкий
Измерительная ячейка биотестовой системы для экспресс-анализа токсичности воды 305

Р.М. Шамсутдинов
Система электропитания радиоэлектронных устройств на основе термоэлектрического эффекта 307

Е.В. Шевлякова, О.В. Рахимова
Оценка экологической опасности литейных отходов производства серебряных изделий 309

Д.С. Шевченко, Т.А. Цыганова, О.В. Рахимова
Фильтр с полиоксомолибден-кремнеземной мембраной для очистки воды от микроорганизмов 311

В.П. Щеголихина, О.Е. Карякина
Разработка портативного устройства для светолечения 313

ЭЛЕКТРОНИКА И ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ 316

Е.И. Беляев, Д.С. Денисов, Е.А. Минжулина, В.В. Смирнов
Нагревание подложки при распылении горячей титановой мишени в среде аргона 316

П.О. Борисов
Лазеры на основе коллоидных квантовых точек халькогенидов металлов 318

А.М. Васюков
Лазер с генерацией третьей гармоники на основе системы YAG: Nd^{3+}-KTP/LBO 320

В.К. Веселов
Разработка модуля наведения опорно-поворотного устройства 322

Д. Г. Грибков, И. А. Селиванова
Разработка устройства для опрделения концентрации моющих средств в жидкости 323

С.С. Гурьянов
Получение листовых композиционных радиопоглощающих материалов для обеспечения электромагнитной совместимости компонентов электронной техники 325

А.К. Денисов, К.К. Кондрашов
Неразрушающая диагностика микроконтроллера для обеспечения информационной безопасности 327

В.С. Дюмин, М.В. Четвергов
Фоточувствительный прибор с зарядовой связью с электронным умножением 329

М.А. Еремеев
Органические светоизлучающие структуры, содержащие массивы коллоидных квантовых точек селенида кадмия 330

А.А. Жаврина
Исследование импульсных характеристик светодиодов зеленого и красного диапазонов 332

А.А. Загоскин, А.С. Киселев, И.С. Малышев, Е.А. Смирнов
Исследование характеристик светодиодных матриц 334

К.И. Карапец, Н.В. Галицын
Исследование спектров испускания разряда магнетрона при высокомощном импульсном распылении 336

А.С. Киселев, Е.А. Смирнов
Исследование динамических характеристик газоразрядных лазеров 338

А.А. Козин, Р.С. Тюрин, Д. Яшенькина
Кристаллическая структура магнетронных пленок нитрида титана 340

В.К. Кунцов
Разработка автоматизированного устройства для изучения кинетики тепловых процессов при магнетронном распылении 342

А.С. Ларченко
Исследование HEMT-структур на основе твердых растворов арсенидов галлия-индия методом фотолюминесценции 343

С.А. Леухин, Э. Подетти
Получение изделий электронной техники методом порошковой инжекционной технологии 345

И.С. Малышев, А.С. Киселев, А.А. Загоскин, Е.А. Смирнов
Установка для исследования инжекционных лазеров ик-диапазона 347

Е.А. Минжулина, В.В. Смирнов, Д.С. Денисов, Е.И. Беляев
Исследование вольтамперных характеристик аномального тлеющего разряда с горячей мишенью в азотосодержащей среде 349

А.А. Павлова, А.Н. Рамазанов, Д.К. Кострин
Исследование пространственного распределения излучения светодиодов 351

М.Д. Павлова
Фоточувствительные структуры на основе фталоцианина меди (II) 353

Е.А. Смирнов, А.С. Киселев, А.В. Плотников
Исследование характеристик излучения лазера на парах металлов 355

Е.И. Попов
Перестраиваемый жидкостный лазер на основе органических красителей 357

А.Н. Рамазанов, А.А. Павлова, Д.К. Кострин
Моделирование спектров излучения газоразрядной плазмы 359

С.А. Ситнов
Разработка автоматизированного устройства для измерения вольт-амперных характеристик зонда Ленгмюра, ... 360

Р.С. Тюрин, А.А. Козин
Химический состав магнетронных пленок нитрида титана 363

А.А. Ухов, С.В. Шаповалов
Устройство формирования импульсов для исследования характеристик проводимости специализированных плёночных структур 365

Л.М. Шестакова, В.А. Лукашкин
Исследование дельта-легированных слоев в CVD-алмазе 367

Д.А. Яшенькина, В.В. Смирнов
Физико-химическая модель высокомощного реактивного распыления металлической горячей мишени в азотосодержащей среде 368

НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ 371

О.В. Арнт, А.Х. Жакина, А.К. Амирханова, Е.П. Василец, Г.К. Кудайберген
Физико-химические свойства феррита на основе никеля модифицированного смесью ПВС: ГNa 371

А.А. Александрова, Н.А. Лашкова, А.И. Максимов
Формирование тонких пленок оксида никеля методом SILAR 373

А.А. Бобков, С.С. Налимова
Особенности сигнала спектроскопии импеданса газочувствительных перколяционных структур вблизи порога протекания 375

А. Бобков, А.А. Иванова
Ограненные наностержни ZnO и гетероструктуры ZNo/CuI для будущей прозрачной (полупрозрачной) нано- и оптоэлектроники 377

Я.В. Букина, А.И. Пастухов, А.О. Белорус, Ю.М. Спивак
Влияние плотности тока анодирования на энергетические характеристики поверхности слоев p-por-Si 379

К.А. Быков, В.Е. Каленов, А.В. Корляков
Струнный акселерометр, технология получения, расчет параметров 381

Е.А. Соболева, Я.А. Висурханова, Н.М. Иванова
Биметаллические Cu-Zn-композиты сополимеров анилина и п-анизидина: строение и электрокаталитические свойства 383

Я.А. Висурханова, Е.А. Соболева, Н.М. Иванова
Синтез и электропроводные свойства анилино-меламиноформальдегидных композитов с введёнными микро- и наночастицами Cu^0, Ni^0 и Co^0 385

М.А. Голованова, Д.В. Королев, К.Г. Гареев
Исследование седиментационной устойчивости коллоидных растворов магнитных наночастиц в различных средах 387

И.А. Горбунов
Люминесцентные солнечные концентраторы на коллоидных квантовых точках 390

В.Д. Горячева, О.С. Комков
Исследование зонной структуры полупроводниковой сверхрешетки методом фотоотражения 392

А.П. Дробнов, Н.В. Пермяков
Установка для диагностики электрических свойств наноструктурированных материалов при вращении в магнитном поле 394

С.А. Зубкова, Е.В. Мараева
Гидроксиапатит кальция как материал для биомедицинского применения 395

Р.С. Зырянов
Моделирование капельной эпитаксии — перспективного метода получения квантоворазмерных наноструктур 397

М.С. Зятькова, В.Л. Кошевой
Люминесцентные свойства систем «пористые структуры фосфида галлия/коллоидные квантовые точки халькогенидов кадмия» 399

М.А. Канаев, Е.Н. Муратова
Тепловизионные исследования мембран пористого оксида алюминия 401

И.Е. Кононова, П.В. Кононов
Иерархические материалы, организованные посредством самосборки наносфер 403

Г.К. Кудайберген, А.Х. Жакина, Е.П. Василец
Изучение сорбционных свойств функциональных производных гумата натрия с МУНТ .. 405

Д.А. Кузнецов, Е.М. Бакулин
Перспективы применения технологии Crystal Ion Slicing для формирования тонких монокристаллических пленок высокой степени совершенства с целью применения в изделиях микромеханики и акустоэлектроники 407

Д.Д. Лобанов, Е.Н. Муратова, К.В. Чернякова, И.А. Врублевский
Исследование явления «переключения» в структурах на основе пористого оксида алюминия 408

В.А. Лукашкин, Е.С. Кунашик
Электрофизические характеристики синтезированных монокристаллических алмазов, легированных бором 410

Т.А. Манвелова, С.В. Дзюбаненко
Исследование технологических параметров проекционной литографии при производстве изделий акустоэлектроники в ЦМСТ ОАО «Авангард» 412

Н.Я. Манзюк
Создание люминофора на основе массивов коллоидных квантовых точек CDS и CDSE 414

Е.В. Мараева, С.С. Туленин, Е.Р. Бойко
Исследование гидрохимически осаждённых слоёв и порошков халькогенидов индия для солнечной энергетики 416

Ю.М. Мосолова, С.А. Трифонов
Ионно-плазменные методы получения покрытий на основе углерода 417

В.А. Никонова, О.С. Бохов, В.В. Лучинин
Микросборка элементов микросистемной техники методом адгезивного сращивания по технологии каплеструйного нанесения 419

М.К. Овезов, А.А. Бобков, В.Ф. Бородзюля
Особенности электрического пробоя тонких слоев сплава ITO для формирования микро- и нанофрактальных прозрачных структур 419

А.Т. Ордабаева, Ж.С. Ахметкаримова, Ж.Х. Мулдахметов, М.Г.Мейрамов
Гидрирование антрацена в присутствии нанокомпозитного катализатора — Fe_2O_3 / УС 423

А.А. Пономарева, Е.В. Мараева, Е.Н. Муратова
Изучение интерметаллических Ni–Al пористых подложек 425

Ю.Б. Радионова, Н.В. Пермяков
Особенности изготовления деталей из полипропилена методом экструзионной трехмерной печати 426

А.А. Рябко, А.И. Максимов
Особенности формирования структур на основе оксида цинка для солнечных элементов 428

А.А. Семенова, Н.А. Лашкова, А.А. Рябко, А.И. Максимов
Формирование и исследование структур ZNO для пьезоэлектрических наногенераторов 430

Р.С. Смердов, Ю.М. Спивак, В.С. Левицкий
Рамановская спектроскопия наноструктурированных слоев пористого кремния, функционализированного серебром 432

Д.С. Стебко
Графический метод обработки данных удельной площади поверхности пористого кремния с различными условиями получения 434

А.И. Стерехов, Е.В. Еремин
Транспортные свойства манганита $Pb_3Mn_7O_{15}$, допированного ионами fe^{3+} 436

А.С. Таланов, А.С. Фадеев
Исследование газоразрядной плазмы методом зондов ленгмюра 438

Д.О. Тестов
Микромеханические актюаторы на основе ИПМК с памятью формы 440

Е.М. Тихомиров, Л.Б. Матюшкин
Разработка установки для диагностики наноструктурированных материалов методом объемных индикатрис светорассеяния 442

А.С. Фадеев, А.С. Таланов
Управляемый газоразрядный источник быстрых нейтральных частиц 444

П.П. Ширинкин, Л.Б. Матюшкин
Создание элементов электроники методами струйной печати наночастицами 446

О.И. Юхновец
Получение наностержней оксида цинка методом гидротермального синтеза 448

Н.Д. Якушова, И.А. Пронин, И.А. Аверин
Полупроводниковые иерархические наноматериалы на основе ZnO для процессов фотокатализа 449

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ 452

В.П. Алексанин
Показатели эффективности кластерных компаний для проведения экспресс-анализа . 452

А.А. Коварина
Внедрение компьютеризированных систем и надлежащих практик на предприятиях фармацевтической отрасли 453

Д.В. Кривогузова, С.В. Мюгриева
Обзор группы российских стандартов надлежащих производственных практик (GMP) 456

Н.А. Прошин, А.С. Царькова, С.В. Якушев
Основные направления реинжиниринга бизнес-процессов организации 459

А.С. Царькова, Н.А. Прошин, С.В. Якушев
Классификация обеспечивающих ресурсов бизнес-процессов организации 460

С.В. Якушев, А.С. Царькова, Н.А. Прошин
Оценка эффективности процессов организации через их производительность 462

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Анализ исторического развития микроконтроллеров

С.С. Аношкин, А.М. Загоскин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Термин *controller* в английском языке означает регулятор, управляющее устройство. В условиях автоматизации и массового внедрения программного управления в технологические и бытовые приборы микроконтроллеры широко используются практически во всех видах техники.

Для того, чтобы выбрать оптимальный контроллер для разрабатываемого устройства, необходимо иметь представление о принципе действия, особенностях конструкции и задачах, решаемых данным классом электронных компонентов.

Первая запатентованная однокристальная микроЭВМ была разработана в 1971 году инженерами американской Texas Instruments М. Кочреном и Г. Буном. Их идея заключалась в том, чтобы на одном кристалле разместить не только процессор, но и память с устройствами ввода-вывода [1].

В 1976 году фирма Intel выпускает i8048 — первый микроконтроллер корпорации Intel, который был использован в игровой приставке Magnavox Odyssey и аналоговых синтезаторах Roland, а также в клавиатуре IBM PC.

В 1978 году фирма Motorola выпустила свой первый микроконтроллер MC6801, совместимый по системе команд с выпущенным ранее микропроцессором MC6800. Через 4 года, в 1980 году, Intel выпускает следующий микроконтроллер: i8051. Удачный набор периферийных устройств, возможность гибкого выбора внешней или внутренней программной памяти и приемлемая цена обеспечили этому микроконтроллеру успех на рынке. С точки зрения технологии микроконтроллер i8051 являлся для своего времени очень сложным изделием — в кристалле было использовано 128 тысяч транзисторов, что в 4 раза превышало количество транзисторов в 16-разрядном микропроцессоре i8086 [2].

Дальнейшее развитие микроконтроллеров, как и любой интегральной электроники, определяется инженерными решениями и технологическими возможностями производителей — увеличением быстродействия элементов,

увеличением плотности расположения элементов на чипе, схемотехническими реализациями устройств. Тенденции развития данного класса приборов описываются законом Мура, согласно которому (в современной формулировке) количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 24 месяца и прогнозом Давида Хауса из Intel, по мнению которого производительность процессоров должна удваиваться каждые 18 месяцев из-за сочетания роста количества транзисторов и быстродействия каждого из них.

На сегодняшний день существует более 200 модификаций микроконтроллеров, совместимых с i8051, выпускаемых двумя десятками компаний, и большое количество микроконтроллеров других типов. Популярностью у разработчиков пользуются 8-битные микроконтроллеры PIC фирмы Microchip Technology и AVR фирмы Atmel, 16-битные MSP430 фирмы TI, а также 32-битные микроконтроллеры архитектуры ARM, которую разрабатывает фирма ARM Limited и продает лицензии другим фирмам для их производства. В России большой популярностью пользуются фирмы Olimex, Texas Instruments и Microchip.

Главные отличия различных семейств контроллеров заключаются в архитектуре процессорного модуля, размере и типе встроенной памяти, наборе периферийных устройств.

Поскольку микроконтроллеры применяются преимущественно в бытовой технике массового производства и системах автоматизации — там, где не требуется высокая мощность процессора, и необходим баланс между ценой и достаточной функциональностью, самые старые типы микроконтроллеров еще до сих пор в ходу. При этом существует множество более мощных и функциональных моделей, способных выполнять сотни миллионов операций в секунду, имеющие большую обвязку периферийными устройствами, решающих гораздо более сложные задачи.

Таким образом, разработчику автоматического электронного устройства следует выбирать необходимый контроллер исходя из назначения прибора и сложности решаемых им задач.

Список литературы:

1. Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных микросхем / В. А. Шахнов (ред.). — М.: «Радио и связь», 1988. — Т. 2.

2. Бойко В. И. Схемотехника электронных систем. Микропроцессоры и микроконтроллеры. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004.

Инновационные технологии в области поддержки клиентов

А. Н. Арсениев

Международный банковский институт

В настоящее время в условиях высокой конкуренции потенциальному клиенту требуется большое количество времени на поиск информации и оценку вариантов для окончательного решения о покупке, с этой целью он может обратиться к компании за дополнительной информацией. Так как скорость обработки запроса и качество ответа становятся решающими факторами для последующего диалога, компании стараются предоставить информацию в максимально удобном виде и создают службы поддержки клиентов. Клиенты ждут быстрых и квалифицированных ответов в любое время на все вопросы в удобном для них канале общения. Это существенно увеличивает нагрузку на службу поддержки, соответственно финансовую нагрузку на компанию.

Необходимость качественной поддержки клиентов подтверждает и статистика. По данным Accenture, 83% клиентов готовы сменить поставщика услуг, если другая компания предложит более высокий уровень сервиса [1]. Другие исследования говорят о том, что 84% россиян не жалуются на сервис, а сразу уходят к конкурентам [2].

Так, как большинство запросов пользователей однотипны и специалисты компании большую часть времени занимаются ответом на одни и те же вопросы, компании применяют следующие инструменты: 1) список часто задаваемых вопросов (FAQ); 2) интерактивное голосовое меню (IVR) на тональном сигнале, представляющее собой голосовое меню, предлагающее нажимать кнопки, соответствующие варианту из списка; 3) форумы, часто создаваемые самими клиентами.

С развитием информационных технологий, а именно развитием алгоритмов семантического (смыслового) анализа и технологий распознавания речи, на основе средств поддержки принятия решения, появилась возможность создания систем, которые функционируют без привлечения специалистов. Данные системы могут в любое время обрабатывать типовые обращения клиентов и предоставлять необходимую им информацию, а в случае индивидуального вопроса переадресуют вопрос специалисту. Это позволяет компании повысить скорость обработки обращения и сократить финансовые расходы.

Архитектура таких систем включает три основных компонента:

1. Синтезатор-распознаватель речи (СРР) — программное обеспечение (ПО), синтезирующее и распознающее русскую речь. Обрабатывает поступающие запросы от голосовой платформы и возвращает результат: поток речи или текст. В случае коммуникации через онлайн-консультанта (бота) в функции СРР нет необходимости, диалог ведется через форму на сайте, мессенджер или социальную сеть.
2. Платформа — ПО, занимающееся обработкой запросов по заданному сценарию IVR. Платформа является средой, в которой работает IVR. Именно через платформу происходит взаимодействие IVR и СРР.
3. IVR — ПО, которое воспроизводит определенный сценарий поведения диалога. Получает и обрабатывает текст на естественном языке, определяет смысл и составляет ответ пользователю с помощью средства поддержки принятия решения: дерево решений, экспертная система, нейронная сеть и другие.

На основании изложенного можно сделать вывод о том, что виртуальные консультанты стали «подрывной» инновацией продуктового типа, которая изменила соотношение ценностей на рынке.

Список литературы:

1. Дэвис Л. [Davies L.] U.S. Companies Losing Customers As Consumers Demand More Human Interaction, Accenture Strategy Study Finds [Электронный ресурс] // Accenture newsroom. 2016. 23 марта. URL: https://newsroom.accenture.com/news/us-companies-losing-customers-as-consumers-demand-more-human-interaction-accenture-strategy-study-finds.htm (Дата обращения 20.01.2017).
2. LiveTex Новые цифровые каналы обслуживания в 2016 году: тенденции, статистика, перспективы [Электронный ресурс] // Маркетинговое исследование компании LiveTex. 2016. URL: https://livetex.ru/Documents/new_digital_channels_livetex_x.pdf (Дата обращения 20.01.2017)
3. Соколов, Н.Е. Разработка и использование тестовых заданий/ Н.Е. Соколов, А.М. Махов — СПб.: — Изд-во СПбГУП. — 2002.
4. Кокунов В.А. Место дисциплины «Рынки ИКТ и организация продаж» в подготовке бакалавров бизнес-информатики /В.А. Кокунов, Н.Е. Соколов, В.А. Ходаковский // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 2-3.

Детектор запахов для регистрации угроз безопасности

Д. С. Афанасьев[1], Е. А. Бардакова[2], Д. С. Быстряков[1]

[1]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)
[2]Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ)

Неотъемлемым элементом интернета вещей являются сенсоры, которые измеряют параметры физического пространства, переводят результаты измерения в цифровую форму и передают в центр обработки через беспроводные сети связи.

Существует большое количество параметров, являющихся признаком возникновения угроз человеку. К числу таких параметров относится запах. Запах — специфическое ощущение присутствия в воздухе летучих ароматных веществ (ЛАВ) [1]. Наиболее часто возникающая угроза безопасности людей, которую можно обнаружить по запаху — это пьяный водитель.

Доклад посвящен результату разработки датчика интернета вещей, который содержит сенсор этанолов, GSM-модуль, микроконтроллер, блок питания. Основным элементом такого устройства является датчик (сенсор). От того, какой сенсор используется при построении устройства, зависят все дальнейшие характеристики и эффективность измерительного прибора. Поэтому сенсор этанолов выбирался по следующим характеристикам:

- высокая чувствительность к малым концентрациям;
- наименьшая зависимость показаний от климатических условий;
- наибольшее время работы без повторной калибровки;

Для тестирования был сделан промежуточный прототип устройства с дополнительными функциями. Снимаемые значения, такие как сопротивление сенсора, температура и влажность, отправляются по wi-fi на смартфон с установленным приложением собственного написания. Это сделано для отображения информации по нескольким сенсорам одновременно, а также протоколирования эксперимента для дальнейшего анализа.

Так как алгоритм программы для микроконтроллера не сложный и требуется выполнить типичные действия, такие как отправка значений сенсора по wi-fi, разработка происходила в среде программирования Arduino IDE, которая основывается на компиляторе языка C. Это максимально упрощенный редактор, в котором не прописываются регистры, прерывания и таймеры и существует множество простых библиотек для работы

с устройствами ввода-вывода [2].

В результате был разработан детектор запахов для регистрации угроз безопасности и протестированы различные сенсоры на удовлетворение требующихся характеристик устройства.

Список литературы:

1. Быстряков Д.С., Ипатов О.С., Колбанев М.О. Система аромобезопасности // Технологии информационно-экономической безопасности: сборник статей сотрудников кафедры ИСиТ. — СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2016. — С.16–22.
2. Соммер, У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino. СПб.: Изд-во БВХ-Петербург, 2012.

Формирование мотивов перемещений сотрудников внутри организации

К.А. Афашокова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

В настоящее время широкое распространение получили данные, описывающие движение различных объектов. Анализ этих данных позволяет решить достаточно широкий спектр практических задач — определение типичных маршрутов, наиболее посещаемых мест, выявление существующих в изучаемой среде ограничений или правил [1]. Исследование данных о перемещениях сотрудников внутри организации позволяет определить типичные маршруты сотрудников, а также выявить различные аномалии в их поведении. Решение этих задач обеспечивает контроль выполнения установленных политик безопасности и способствует выявлению внутреннего нарушителя информационной безопасности [2].

В докладе предлагается подход к описанию моделей поведения сотрудников организации на основе мотивов.

В общем случае движение может быть представлено в виде набора пространственно-временных характеристик, которые указывают на то, где находится объект, когда, как долго и как часто он находится в конкретной точке пространства. В предложенном подходе источником исходных данных являются журналы, формируемые считывателями контролируемых зон. Они содержат информацию только о времени посещения контролируемой зоны определенным сотрудником. Эти сведения дополнены данными о должностях

сотрудников организации, а также картой здания с указанием расположения офисов, кафе, лестниц, конференц-залов внутри контролируемой зоны.

В предлагаемом подходе мотивом является некоторая последовательность зон, характерная для каждого сотрудника или группы сотрудников, дополненная описание временного шаблона пребывания объекта в них. Мотив определяется атрибутами контролируемых зон, таких как расположение рабочего места сотрудника, наличие ближайших зон отдыха, лестниц, лифтов и т.д. Таким образом, мотив — это некоторый шаблон передвижения, характерный для данного сотрудника или для группы сотрудников (для отдела).

Для определения мотива анализируется следующие атрибуты маршрутов сотрудников: свойства зон, входящих в последовательность, время и длительность их прохождения и длительность нахождения в конечной точке последовательности. Также необходимо учитывать, в каком отделе работает сотрудник и где находится его рабочее место. Например, в одной зоне могут находиться кафетерий, санитарные комнаты, конференц-залы и офисы коллег конкретного сотрудника. Если данная зона является конечной в последовательности, то по времени суток и длительности нахождения в ней, мы можем делать предположения о том, куда пришел сотрудник. Таким образом, если длительность нахождения сотрудника в зоне, в которой находится столовая или кафе около 30 — 60 минут в середине рабочего дня можно определить мотив «обеденный перерыв».

При анализе маршрутов передвижения считаем, что сотрудник выбирает кратчайший путь до конечной контролируемой зоны. В случае, если сотрудник выбирает иной путь, маршрут определяется как аномальный, и данные о нем передаются аналитикам для дальнейшего его анализа.

Этот подход позволяет при анализе исторических данных выявить перемещения сотрудника, являющиеся нормальными для него (например, проход на рабочее место, зон отдыха, посещение совещаний) и обнаружить возможные аномалии, требующие более тщательного изучения. Также этот подход позволяет описать типичные шаблоны поведения сотрудников относительно контролируемых зон.

Благодаря тому, что исходное множество логов преобразуется в последовательность семантически значимых действий (мотивов), достигается снижение размерности данных, предоставляемых аналитику. Кроме того, данный подход позволяет учитывать дополнительные

характеристики контролируемых зон, что позволяет определять аномалии в передвижениях более точно. Этот метод может быть использован, для того чтобы строить автоматические модели анализа, например, на основе сетей Петри, которые в режиме реального времени контролируют передвижения сотрудников (например, на основе анализа процессов).

Список литературы:

1. Зендулка Дж., Пешек М. [Zendulka J., Pešek M.] Mining Moving object data //Central European Journal of Computer Science, 2012 2(3) 183–193. doi:10.2478/s13537-012-0018-4
2. Ли К., Хан Дж., Ким С. [Li X., Han J., Kim S.] Motion-Alert: Automatic Anomaly Detection in Massive Moving Objects // IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics, 2006 No3975 166-177. doi:10.1007/11760146_15

Разработка комплекса демонстрационных примеров для изучения лабораторного стенда на основе преобразователя частоты FR-E720S-030SC-EC и контроллера AL2-14MR-D

К.Бабича, В.В. Гульванский

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

В рамках программы сотрудничества между компанией «Mitsubishi Electric» и кафедрой АПУ СПбГЭТУ «ЛЭТИ» была организована учебная лаборатория. В лабораторию было поставлено оборудование «Mitsubishi». Было решено модернизировать данное оборудование для изучения студентами принципов работы с электромеханическими системами, микропроцессорными системами и теории автоматического управления в рамках ряда учебных дисциплин.

В настоящем проекте рассматривается работа со стендом, оснащенным преобразователем частоты FR-E720S-030SC-EC и ПЛК AL2-14MR-D. Целью проекта является создание лабораторных работ с использованием стенда на основе оборудования “Mitsubishi” для учебных курсов кафедры АПУ.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- Изучение лабораторного стенда и его составляющих;
- Разработка комплекса демонстрационных примеров для преобразователя частоты FR-E720S-030SC-EC и ПЛК AL2-14MR-D;
- Проектирование модуля переменной нагрузки для асинхронного двигателя;

- Монтаж, наладка.

Исходными данными для выполнения работы являлись схема принципиальная электрическая, документация изготовителя.

Лабораторный стенд состоит из макета рабочего места, оборудованного трехфазным асинхронным двигателем, преобразователем частоты, программируемым логическим контроллером, а также набором различных периферийных устройств.

Для составления лабораторной работы были созданы демонстрационные примеры работы оборудования стенда, которые будут наблюдаться студентами при выполнении заданий.

Для демонстрации возможностей частотного преобразователя FR-E720S-030SC-EC был создан пакет примеров. В данном пакете рассматриваются настройки базовых параметров, работа с панелью управления, а также настройка типа управления двигателем.

Для демонстрации возможностей контроллера Mitsubishi Alpha XL Al2-14MR-D был создан пакет примеров, включающий в себя задание временной программы управления скоростью вращения вала двигателя, программное задание скорости вращения двигателя через аналоговый вход, демонстрацию работы аналогового выхода контроллера, измерение скорости вращения с помощью дискретного датчика Холла.

За основу модуля управляемой нагрузки был взят двигатель постоянного тока СД-250А с независимым возбуждением, подключенный в режиме динамического торможения. В режиме динамического торможения якорная обмотка двигателя отключена от сети и замкнута на тормозной резистор.

При таком режиме механическая энергия якоря преобразуется в электрическую и расходуется на нагрев резистора и остальных частей якоря. При этом обмотка возбуждения должна быть подключена к сети.

Для закрепления двигателя на стенде в среде Компас 3D были спроектированы и изготовлены крепления при помощи 3D принтера.

Для подачи питания на обмотку возбуждения на стенд был добавлен блок питания 24 V 1.1A. Для осуществления переменной нагрузки в цепи якоря на стенд был добавлен магазин сопротивлений. Двигатели были соединены при помощи муфты.

При выполнении лабораторной работы студентами будут получаться как теоретические знания о характеристиках различных типов двигателей, так

и практические навыки работы с оборудованием стенда.

В первой, теоретической части предлагается ознакомиться с основными принципами работы контроллера Mitsubishi AL2-14MR-D, преобразователя частоты Mitsubishi FR-E720S-030SC-EC, двигателем 5АИ 63В4 и двигателем СД-250А.

Вторая, практическая часть работы требует измерения характеристик двигателя постоянного тока и асинхронного двигателя, а также идентификации системы, построение следящей системы.

Студенты должны построить характеристику каждого двигателя по заданным характеристикам другого двигателя, а также при изменяемой нагрузке поддерживать количество оборотов.

В ходе выполнения поставленных задач был изучен обучающий стенд, включающий в себя преобразователь частоты и программируемый логический контроллер. Были рассмотрены принципы построения и программирования данных устройств, изучены возможные режимы работы. Для расширения возможностей стенда был разработан модуль управляемой нагрузки на основе двигателя постоянного тока.

Стенд был модернизирован, был произведен монтаж дополнительного двигателя, наладка работы оборудования.

Разработанные комплексы демонстрационных примеров нашли применение в лабораторной работе в рамках учебных курсов «Элементы и устройство системы управления» и «Технические средства автоматизации и управления».

Список литературы:

1. Преобразователь частоты. Устройство, принцип работы, схемы управления и расчеты преобразователя частоты, инвертора. [Электронный ресурс].
URL: http://www.eti.su/articles/elektroprivod/elektroprivod_776.html (дата обращения 26.04.2016)
2. Простой прикладной контроллер. Руководство по аппаратной части. [Электронный ресурс].
URL: https://ru3a.mitsubishielectric.com/fa/ru/service/download (дата обращения 05.05.2016).
3. Руководство по программированию простого прикладного контроллера. [Электронный ресурс].
URL: https://ru3a.mitsubishielectric.com/fa/ru/service/download (дата обращения 07.05.2016)
4. FR-E700. Преобразователь частоты. Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс].
URL: https://ru3a.mitsubishielectric.com/fa/ru/service/download (дата обращения 10.05.2016).
5. Алексеева О.Г. Методические указания по экономическому обоснованию выпускных

квалификационных работ бакалавров: Метод. указания, СПб.: Изд-во СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2013. — 17 с.

Обоснование требований к интернет-ресурсу в условиях оптимизации для мобильных устройств

А.К. Балаев

Международный Банковский Институт

По данным Международного союза электросвязи численность пользователей Интернет в 2016 году увеличилась на 12%, при этом, российская аудитория выросла до 84 млн. человек. При этом устойчивой тенденцией рынка является рост сегмента мобильных устройств и сокращение доли десктопной платформы [1]. В этих условиях, разработчикам сайта необходимо знать, на какие основные характеристики им стоит обратить внимание при оптимизации интернет-ресурса для мобильных устройств.

Основным параметром при разработке веб-ресурса является его оптимизация под определенное разрешение экрана [2, 3]. Если размер окна в браузере компьютера можно отрегулировать с помощью компьютерной мыши, то в мобильном браузере это будет сделать сложнее. Анализ рынка мобильных устройств позволил сделать вывод о том, что разработчики стараются увеличить размер экрана для комфортного использования. Так, в 2016 году все ключевые бренды мобильной индустрии выпустили модели с размером экрана больше 5,1 дюймов с разрешением 1440x2560 пикселей. В 2016 год самым распространенным разрешением, использующим интернет, стало 720x1280 пикселей [4]. Такой размер занял первое место сразу в 9 странах, включая Италию, Бразилию, Аргентину и Испанию. В остальных странах он на втором или третьем месте. Анализ российского сегмента показал, что в первую очередь следует оптимизировать работу сайта при разрешении 640x1136 с 4-х дюймовым размером экрана. Такие характеристики заняли 20,6% рынка. Второе место у разрешения 720x1280 (17,5%) , а третье у 750x1334 (15,4%).

Второй по важности критерий при оптимизации сайта под мобильную платформу — это удобство в использовании. Самыми важными характеристиками являются легкая навигация по сайту и удобное заполнение форм. Эффективными являются сайты, в которых пользователь получил желаемый результат за более короткий промежуток времени. Поэтому для

повышения уровня конверсии сайта следует уделить большое внимание компоновке компонентов веб-ресурса на экране.

Третьим критерием является скорость загрузки веб-ресурса. Исследования показали, что сайты, имеющие низкую скорость загрузки на телефонах, в 1,7 раз уступают в посещаемости тем, что загружаются и работают быстро [5]. Самой распространенной ошибкой является использование скрипта из внешнего ресурса (около 96% сайтов с медленной скоростью). Также часто встречаются ошибки неправильного использование кэша браузера (56%), отсутствие сжатия и неоптимальные размеры картинок (46%). Учитывая данные критерии разработчикам мобильных версий следует уделить внимание динамической подгруздке данных, грамотному управлению кэшем браузера и, возможно, переход на одностраничный сайт для ускорения передвижения по вкладкам.

В современном мире процент использования интернета с помощью телефонов обогнал долю использования компьютеров. Учитывая поисковые критерии при запросе с мобильных устройств разработчикам веб-ресурсов следует уделить большое внимание на мобильную версию сайта и, в первую очередь, проверить корректную работоспособность и дизайн на популярных разрешениях экранов и отсутствие стандартных ошибок при загрузке сайта.

Список литературы:

1. Соколов Н.Е. Рынки ИКТ и организация продаж: учебное пособие. — СПб.: ПГУПС, 2016.
2. Атаян А. М. Роль информационной культуры в профессиональном становлении будущих специалистов экономического профиля // Информационные технологии и системы. Наука и практика — Владикавказ, 2009. — 83-85 с.
3. Атаян А.М. Основы информационных технологий: учебное пособие. — Владикавказ, 2011. — 248 с.
4. Кокунов В.А., Соколов Н.Е., Ходаковский В.А. Место дисциплины «Рынки ИКТ и организация продаж» в подготовке бакалавров бизнес-информатики // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — СПб, 2016. — 2-3с.
5. Карпухин, Н.В. Электронное обучение (организация, методика, технология и практика применения в МБИ): моногр. / Н.В. Карпухин, Т.С. Карпова, Б.И. Рыпин, Н.Е.Соколов, А.И. Стригун, А.Д. Тазетдинов. — СПб.: АНО ВПО «Международный банковский институт», 2008.

Исследование DRDoS-атак и методов защиты от них методами имитационного моделирования

Я. А. Бекенева

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

Распределенные атаки типа «отказ в обслуживании», основанные на отражении и усилении трафика (DRDoS-атаки), остаются одной из наиболее актуальных проблем в сфере компьютерной безопасности. Согласно отчетам [1], в 2016 г. общее количество DDoS-атак увеличилось на 75% по сравнению с прошлым годом. Наиболее распространенными оказались атаки, основанные на усилении трафика, такие DNS, NTP, SSDP и Chargen атаки [2]. Разработка и развитие методов защиты от подобного рода атак остается важнейшей задачей в сфере компьютерной безопасности. Тенденция к проведению атак разного типа в рамках одной атаки повышает требования к механизмам обнаружения аномального трафика.

В работе [3] был предложен новый механизм защиты компьютерных сетей от атак, в основе которых лежит отражение трафика. В его основе лежат такие особенности как симметрия трафика, а также различия в заголовках легитимных и атакующих пакетов в связи с использованием различного набора команд.

В данной работе представлены эксперименты по имитационному моделированию атак, основанных на отражении и осуществляемых с помощью различных протоколов. Были рассмотрены атаки, проводимые с помощью протоколов DNS и NTP. Были проведены эксперименты по моделированию атак, основанных на протоколе DNS и NTP, и механизмов защиты от атак: DAAD [4] и RRL [5], а также предложенного авторами.

Моделируемая DNS-атака мощностью 6,7 Мбит/с. Легитимные и атакующие узлы располагались в нескольких автономных системах, отражение трафика осуществлялось с помощью 3 серверов DNS. Коэффициент усиления составлял 3,5.

Мощность моделируемой NTP-атаки составила 127 Мбит/с. Легитимные и атакующие узлы располагались в нескольких автономных системах, отражение трафика осуществлялось с помощью 3 серверов NTP. Коэффициент усиления составлял 37. На протяжении всего времени эксперимента атакуемый узел генерировал легитимные NTP-запросы к одному серверу NTP.

Эксперименты показали, что при использовании предлагаемого алгоритма все легитимные ответы на запросы достигли цели, случай неверной блокировки пакета произошел лишь единожды, и ошибка первого рода практически отсутствовала.

Наличие некоторого количества неверно принятых пакетов объясняется тем, что в локальной сети атакуемого сервера присутствовали узлы, генерирующие атакующие запросы. Так как адрес источника был подменен на адрес жертвы, то эти запросы, покидая локальную сеть, были зафиксированы, а ответы на них расценивались как легитимные.

Предлагаемый метод в проведенных экспериментах показал одинаковую ошибку 2 рода по сравнению с методом DAAD. Однако для данных сценариев атак предлагаемый метод показал наилучший результат по ошибке 1 рода.

В дальнейшем планируется проведение экспериментов с иными сценариями атак, основанных на отражении, для тестирования эффективности предложенного метода. Также планируется усовершенствование алгоритма анализа для снижения процента ошибок 2 рода.

Список литературы:

1. Отчет VERISIGN Distributed Denial Of Service trends report. URL: https://www.verisign.com/assets/report-ddos-trends-Q22016.pdf

2. Сайт ARBOR Networks Security Reports. URL: http://www.arbornetworks.com/resources

3. Бекенева Я., Шипилов Н., Шоров А. [Bekeneva Y., Shipilov N., Shorov A.] Investigation of protection mechanisms against DRDoS attacks using a simulation approach. 16th International Conference on Next Generation Wired/Wireless Advanced Networks and Systems New2AN, St-Petersburg, 26-28 September. — С. 316-325.

4. Камбуракис Г. и др. [Kambourakis G. et al.] Detecting DNS amplification attacks // Critical Information Infrastructures Security. — Сборник трудов под ред. Springer Berlin Heidelberg, 2008. — С. 185-196.

5. Розекранс Т., Меккинг М., де Конинг Й. [Rozekrans T., Mekking M., de Koning J.] Defending against DNS reflection amplification attacks // University of Amsterdam, Tech. Rep., Feb. — 2013. URL: https://nlnetlabs.nl/downloads/publications/report-rrl-dekoning-rozekrans.pdf.

Анализ эффективности выполнения атомарных операций в параллельных программах

Н. С. Булыгин, А. А. Пазников

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Основная задача, возникающая при проектировании и разработке параллельных программ, — эффективное использование ресурсов вычислительной системы. Большинство имеющихся вычислительных средств (узлы распределенных вычислительных систем, рабочие станции, смартфоны, встраиваемые системы) на данный момент являются многоядерными вычислительными системами с общей памятью. При разработке параллельных программ для таких систем возникает задача синхронизации — организации доступа параллельных потоков к разделяемым данными (shared data). При выполнении на них параллельных программ эффективность вычислительных систем существенно зависит от средств синхронизации потоков.

Самым простым методом синхронизации является организация критических секций — поочередное использование общих данных с блокированием конкурирующего потока. Способ является эффективным при небольшом количестве потоков и умеренной конкурентности доступа (access contention). Альтернативой использования блокировок является применение алгоритмов и структур данных без использования блокировок. Разделяемый объект является неблокируемым объектом (lock-free, non-blocking), если он гарантирует, что некоторый поток закончит выполнение операции над объектом за конечное число шагов вне зависимости от результата работы других потоков (даже если эти другие потоки завершились крахом) [1]. На данный момент неблокирующие структуры данных применяются повсеместно и имеются реализации на всех популярных языках программирования.

В основе неблокируемых структур данных лежат атомарные примитивы и атомарные операции. Операция в общей области памяти называется атомарной, если она завершается в один шаг относительно других потоков, имеющих доступ к этой памяти [2]. Основные атомарные операции — это compare-and-swap (CAS), test-and-set (TAS), fetch-and-add (FAA), load-linked/store-conditional (LL/SC).

Сравнение с обменом (compare-and-swap, CAS) — операция загружает переменную, над которой необходимо выполнить операцию, ожидаемое

значение, и значение, которое нужно присвоить. Если текущее значение переменной равно ожидаемому, то присвоить переменной новое значение.

Получить и добавить (fetch-and-add, FAA) — операция загружает текущее значение переменной, сравнивает с ожидаемым, и если значение не изменилось, увеличивает на заданное число.

Проверить и выставить (test-and-set, TAS) — выставить значение переменной в 1 и вернуть предыдущее значение.

Загрузить/сохранить (load-linked/store-conditional, LL/SC) — загружается значение переменной, после чего выполняется нужная операция, затем вставляется новое значение, только в случае, если значение не изменилось.

Целью данной работы является анализ эффективности атомарных операций в многопоточных программах. Разработана тестовая параллельная программа для анализа эффективности выполнения атомарных операций. В докладе приведены результаты экспериментов на многоядерной вычислительной системе. Рассмотрены факторы, влияющие на эффективность выполнения атомарных операций (привязка потоков, параметры кэш-памяти, иерархическая структура вычислительной системы) и приведены рекомендации по разработке потокобезопасных структур данных без использования блокировок.

Список литературы:

1. Херлихи М. [Herlihy M.] A Methodology for Implementing Highly Concurrent Data Objects [Электронный ресурс] / M. Herlihy // Digital Equipment Corporation Cambridge Research Lab. 1991. URL: http://www.hpl.hp.com/techreports/Compaq-DEC/CRL-91-10.pdf (дата обращения — 28.02.2017).

2. Прешинг Д. [Prehing J.] Atomic vs. Non-Atomic Operations [Электронный ресурс] // @preshing. 2013. URL: http://preshing.com/20130618/atomic-vs-non-atomic-operations (дата обращения — 28.02.2017).

Анализ областей применения аромосенсорных систем

Д.С. Афанасьев[1], Е.А. Бардакова[2], Д.С. Быстряков[1]

[1]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

[2]Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ)

Практическим инструментом движения России к цифровой экономике является Национальная технологическая инициатива. НТИ — это долгосрочная комплексная программа по созданию условий для обеспечения лидерства российских компаний на новых высокотехнологичных рынках, которые будут определять структуру мировой экономики в ближайшие 15–20 лет.

Согласно одному из принципов, которые лежат в основе выбора рынков будущего — рынок должен представлять собой:

- сеть, которая содержит сенсорные поля, измеряющие физические характеристики жизненного пространства,

- логический уровень, на котором, при помощи телекоммуникационных технологий данные с сенсоров объединяются в облачных хранилищах,

- уровень сервиса, на котором при помощи специального программного обеспечения осуществляется обработка, анализ собранных данных и вырабатываются управляющие воздействия.

Одним из типов сенсоров такого рода могут служить сенсоры запахов. Они способны преобразовать в цифровой вид любые запахи, возникающие в пространстве. Характеристики сенсоров все время улучшаются так, что они становятся все дешевле, могут работать автономно продолжительное время и регистрировать концентрации в долях ppm.

В докладе рассматриваются возможные области применения аромосенсорных систем [1-2]. К числу таких областей относятся [3]:

- противодействие террору. К этой группе относятся сенсоры, способные регистрировать тротил, тринитрофенол, гексоген, октоген и другие вещества;

- контроль производственных процессов. К данной группе относятся сенсорные поля, регистрирующие аммиак, сернистый ангидрид, фосген, окись этилена, сероуглерод, бензол и др.;

- социальные взаимодействия. К этой группе относятся датчики регистрирующие запахи этанола, наркотических веществ;

- экологический мониторинг. К ней можно отнести сенсоры, регистрирующие параметры смога в больших городах, запахи, возникающие

вследствие вредных выбросов на химических производствах и т.п.;

- контроль бытовых газов. К этой группе относится регистрация запаха метана, угарного газа, горючих веществ;

- контроль качества воздуха. В эту группу относится регистрация недопустимых концентраций углекислых газов в офисных, образовательных и др. помещениях.

Список литературы:

1. Быстряков Д.С., Ипатов О.С., Колбанев М.О. Система аромобезопасности // Технологии информационно-экономической безопасности: сборник статей сотрудников кафедры ИСиТ. — СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2016. С.16–22.

2. Советов Б.Я., Колбанев М.О., Татарникова Т.М. Технологии инфокоммуникации и их роль в обеспечении информационной безопасности // Геополитика и безопасность. — СПб.: Информационный издательский учебно-научный центр «Стратегия будущего», 2014. №1 (25). С.69–77.

3. Газовые датчики и сенсоры // Портал www.gassensor.ru [Электронный ресурс]. URL: http://www.gassensor.ru/ru/sensors (дата обращения: 19.02.2017).

Вопросы построения системы управления организацией по результатам

Р.И. Сольницев, Л.А. Бундина

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Любому хозяйствующему субъекту ежедневно приходится сталкиваться с разнообразными задачами, решение которых обеспечивает достижение целей данного субъекта. Эффективность решений во многом определяется качеством используемой системы управления.

Система управления хозяйствующим субъектом (предприятием) представляет собой совокупность средств сбора информации о состоянии объекта управления (предприятия) и влияния на его поведение. В основе каждой системы управления лежит модель, которая определяет набор мер, методов и инструментов управления. В настоящий момент известно достаточное количество эффективных моделей: модель управления по целям, модель бережливого производства, модель Гарцбурга, модель управления предприятием по результатам и т.д.

Управлению по результатам посвящен ряд работ [1, 2]. Несмотря на широкое распространение и доказанную опытом эффективность [2],

на сегодняшний день отсутствует формализация модели управления по результатам, поэтому разработка такой модели является актуальной задачей.

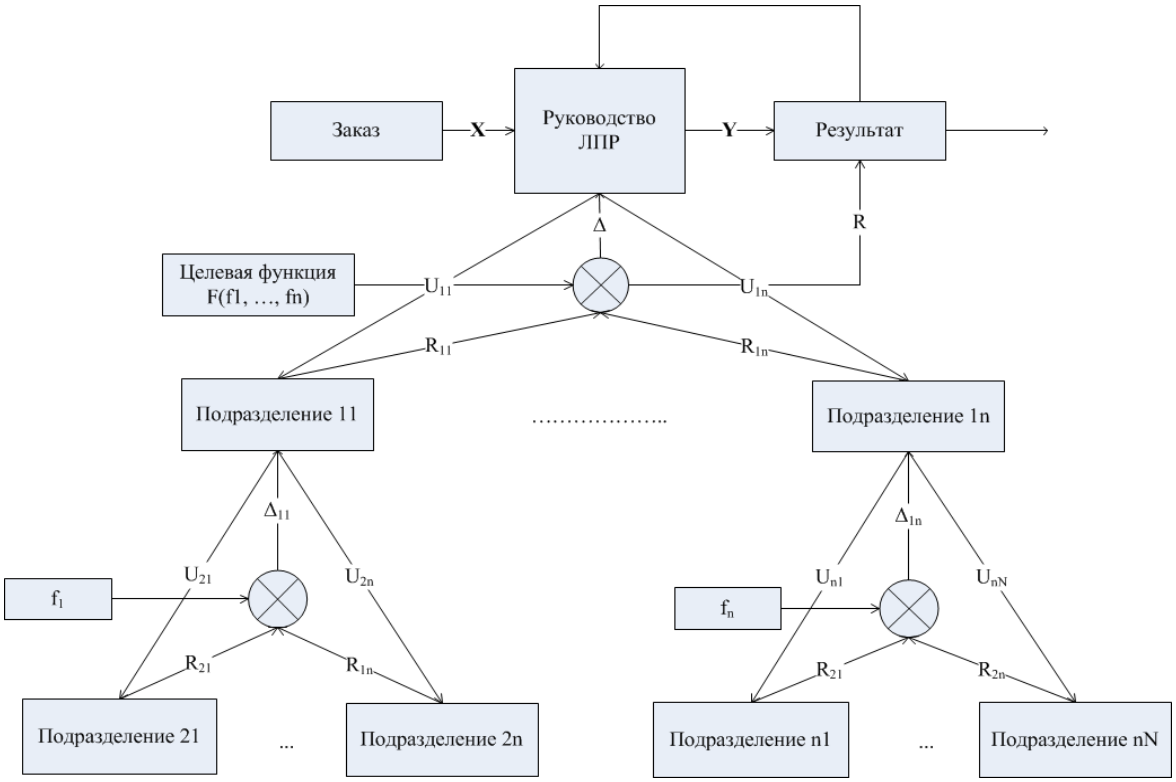


Рис.1. Модель управления по результатам

При проектировании системы управления по результатам необходимо ответить на следующие вопросы:

1. Что такое результат?
2. Как измерять различные виды результатов?
3. Как осуществлять управление результатами?
4. Как обеспечить качество, устойчивость и адаптивность системы управления?
5. Как управлять рисками?

Под результатом предприятия (конечным результатом) будем понимать продукт, создаваемый организованным трудовым коллективом:

$R = F(Y, X)$, где (1)

Y — вектор выпуска продукции организацией,

X — вектор затрат ресурсов.

Каждое подразделение вносит свой вклад в конечный результат и также стремится достигнуть конкретного результата по своему направлению деятельности (коммерческого, функционального и т.д.) на своем уровне:

Результаты сравниваются с эталоном (целевые функции f_1, f_2, … f_n) и на

основании отклонений от эталона ($\Delta_1, \Delta_2, ..., \Delta_m$) вырабатываются управляющие воздействия:

$U = k^1 * \Delta + k^2 * \Delta' + k^3 * \int \Delta$, где (2)

U — управляющее воздействие, иначе — управление,

k — коэффициенты управления с учетом статистических ($\int \Delta$) и прогнозных (Δ') данных.

В настоящее время данная модель требует дальнейшей формализации. Так, следует классифицировать результаты подразделений, уточнить математическое описание результатов и управлений и ввести в модель риски как вероятность получения неблагоприятного результата.

Список литературы:

1. Управление по результатам / Т. Санталайнен, Э. Воутилайнен, П. Порение, Й.Х. Ниссен — М.: «Прогресс», 1993. — 320 с.
2. Родченко В. В. Международный менеджмент. Учебное пособие. — 2-е изд., стереотип. — К.: МАУП, 2002. — 240 с.
3. Сольницев Р. И. Кладо — система управления по результатам [Электронный ресурс] // Научно-практическая конференция «Практика комплексной российской модели управления задачами и ресурсами в организации». URL: www.portal.guap.ru/index.aspx?n=fdpo (дата обращения: 15.10.2016).

Web Bluetooth в интернете вещей

А.А. Вахрушев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Internet of Things все глубже и глубже погружается в современную жизнь. Количество умных вещей растет быстрыми темпами. И этими вещами нужно как-то управлять. Для этого производитель выпускает вместе с устройством приложение, которое обеспечивает взаимодействие с ним. Они могут работать по протоколам Wi-Fi, ZigBee и другим. В докладе речь пойдет о том, как различные приборы работают через протокол Bluetooth.

В 2010 году вышла очередная версия Bluetooth 4.0, которая включает в себя три протокола:

- Классический Bluetooth;
- Высокоскоростной Bluetooth;
- Bluetooth с низким электропотреблением.

Предметом доклада является «Bluetooth с низким электропотреблением» (Bluetooth Low Energy, Bluetooth LE или Bluetooth Smart). Bluetooth LE предназначен для различных датчиков, которые не нуждаются в высокой скорости передачи данных. Характерными особенностями данного стандарта являются:

1. Низкая скорость передачи данных: 1 Мбит/с;
2. Высокая скорость соединения: 5 миллисекунд;
3. Соединение поддерживается на расстоянии 100 метров;
4. Низкое электропотребление: устройство может работать несколько лет от одной часовой батарейки.

Physical Web

Существует такое понятие как Physical Web. Physical Web — это концепция объединения предметов реального мира и цифровых устройств с помощью маячков, называемых Beacon. Этот маячок использует Bluetooth LE для трансляции URL-адреса. Когда в его радиус действия попадает смартфон, на его экране отображается уведомление. Просмотрев это уведомление, пользователь попадает на веб-сайт, транслируемый маячком.

Web Bluetooth API

Web Bluetooth API — это интерфейс взаимодействия, который предоставляется браузером для работы с Bluetooth средствами языка программирования JavaScript. Web Bluetooth API позволяет прямо с веб-страницы взаимодействовать с устройством.

Объединив Web Bluetooth и Physical Web можно значительно упростить взаимодействие пользователя с умными вещами. Каждое устройство требует установки специального приложения. Но если это приложение сделать в виде веб-страницы, потребность в установке отпадет. В этом и заключается основное применение Web Bluetooth.

Целью исследования являлось оценить текущее состояние данной технологии и ее потенциальных возможностей. Исследование осуществлялось опытным путем, изучая алгоритм и особенности взаимодействия некоторого устройства с браузером через Web Bluetooth API. В ходе экспериментов было выяснено, что на данный момент технология работает недостаточно стабильно. Имеются проблемы с установлением связи между устройствами. Также были рассмотрены сторонние решения, результаты которых будут представлены в докладе.

Список литературы:

1. Франсиско Бофорт [François Beaufort]. Interact with Bluetooth devices on the Web

[Электронный ресурс] // Google Developers. 2015. Июль. URL: https://developers.google.com/web/updates/2015/07/interact-with-ble-devices-on-the-web (дата обращения: 20.02.2017).
2. Официальный сайт Bluetooth [Электронный ресурс]. URL: https://www.bluetooth.com (дата обращения: 23.02.2017).
3. Спецификация Web Bluetooth [Электронный ресурс]. 2017. 15 февраля. URL: https://webbluetoothcg.github.io/web-bluetooth (дата обращения: 22.02.2017).
4. Примеры использования Web Bluetooth [Электронный ресурс] URL https://googlechrome.github.io/samples/web-bluetooth (дата обращения: 22.02.2017).

Применение технологий дополненной реальности в образовании

Т.С. Вахрушева

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И Ленина (Ульянова) (СПбГЭТУ)

В настоящее время система образования построена таким образом, что обучающиеся получают больше теоретических знаний, чем практических навыков. Однако нельзя отрицать тот факт, что теоретические знания, примененные на практике, запоминаются лучше.

Сложность проведения большего количества практических занятий вызвана тем, что существуют риски повреждения дорогостоящего оборудования или нанесения вреда здоровью учащихся.

Еще одной проблемой современного образования является отсутствие визуализации некоторых изучаемых объектов. Например, преподаватели, рассказывая о редких породах минералов, не имеют возможности продемонстрировать их обучающимся.

Отмеченные проблемы подчеркивают актуальность усовершенствования методов обучения и их переход на передовой уровень.

На данный момент одним из наиболее перспективных направлений развития образовательных технологий является применение дополненной реальности (AR — Augmented reality).

Дополненная реальность — это среда с дополнением физического мира цифровыми данными, которые воспринимаются как элементы реальной жизни. То есть, при создании дополненной реальности в пространство в режиме реального времени помещаются объекты при помощи специального программного обеспечения и гаджетов, таких как, например, очки

дополненной реальности, планшеты, смартфоны с функцией AR и прочие гаджеты.

Приложения дополненной реальности для отображения 3D-изображений используют специальную метку, после распознавания которой объект отображается на экране устройства.

Можно выделить несколько вариантов применения дополненной реальности в образовании: создание книг и методических указаний с технологией дополненной реальности, моделирование экспериментов, моделирование работы с оборудованием.

Использование AR даст возможность обучающимся практиковаться в полученных ими знаниях абсолютно безопасно (например, проводить химические эксперименты, моделировать физические законы, работать с токопроводящими элементами и т.д.), визуализировать объекты, представленные в учебной литературе, повысив таким образом их наглядность и понимание. Также будет обеспечена сохранность оборудования, используемого в реальной жизни, заменой его на виртуальный объект, смоделированный в 3D-редакторах и загруженный в приложение для дополненной реальности.

Так, например, можно усовершенствовать методические указания по инженерной графике с помощью применения AR. По собственному опыту могу сказать, что по трем видам модели на чертеже бывает сложно представить, как должно выглядеть 3D-изображение данной детали. Используя специальное AR-приложение, студент, наводя камеру смартфона или планшета на чертеж, изображенный в методических указаниях, сможет увидеть ожидаемую 3D-модель, которую в последствии будет проектировать по чертежу в определенном 3D-редакторе (например, КОМПАС-3D, SolidWorks и т. д.).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что применение дополненной реальности поможет значительно расширить возможности образовательного процесса. Более того, использование данной технологии позволит повысить качество усвоения материала посредством закрепления теоретических знаний на практике без нанесения ущерба оборудованию и без риска навредить здоровью, а так же преумножит заинтересованность будущих специалистов к процессу обучения.

Список литературы:

1. Yuen S., Yaoyuneyong G., Johnson E. Augmented reality: An overview and five directions

for AR in education //Journal of Educational Technology Development and Exchange. — 2011. — Т. 4. — №. 1. — С. 119-140.

Разработка системы поиска и предоставления информации для туристов

В.В. Ворочек, М.А. Порошин, Д.Е. Журавлев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Куда бы вы ни отправились в путешествие, у вас всегда возникает потребность в получении информации об окружении, любую услугу хочется получить как можно быстрее и проще. В этом случае будет необходим сервис, предоставляющий историческую, энциклопедическую справку, а также позволяющий найти тех, кто способен и желает оказать вам услуги.

Основные задачи, которые должна выполнять система:

- Предоставление информации об объектах, местности для туриста
- Поиск тех, кто готов выступить в роли экскурсовода или просто составить компанию
- Создание площадки для размещения объявлений
- Возможность делиться своими вариантами времяпрепровождения в том или ином месте
- Предоставление информации для пользователей на разных языках

Данная система может быть реализована в формате веб-сайта, а также мобильного приложения. Отличительной особенностью сервиса от существующих туристических сайтов является нацеленность на взаимное сотрудничество и предоставление услуг между пользователями.

На данный момент ведется разработка соответствующего сайта.

Список литературы:

1. Скляр. Д., Трахтенберг А. PHP Рецепты программирования. — Питер, 2015.
2. Маклафлин Б. PHP и MySQL Исчерпывающее руководство. — Питер, 2014.

Разработка потокобезопасного пула без использования блокировок на основе распределяющих деревьев

Р. Ш. Гарифуллин, А. А. Пазников

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Современные многоядерные вычислительные системы (ВС) повсеместно используются для решения задач различной сложности. Эффективность использования таких систем при выполнении на них многопоточных программ существенно зависит от решения в параллельных программах задачи синхронизации потоков. С увеличением количества процессорных ядер в многоядерных ВС остро становится задача обеспечения масштабируемого доступа к разделяемым структурам данных.

Одной из наиболее широко используемых структур данных является потокобезопасный пул. Пул (pool) — это неупорядоченная коллекция объектов или задач, позволяющая помещать или извлекать эти объекты [1]. Данная структура применяются при реализации модели потребитель-производитель (producer-consumer) в многопоточных программах. В данной модели один или несколько потоков-производителей порождают объекты, которые используются потоками-потребителями.

Существующие реализации пулов, основанные на блокируемых очередях, обеспечивают высокую производительность при незначительной частоте выполнения операций, однако недостаточно масштабируются для большого количества потоков. Методы job-stealing и workpile характеризуются ожидаемым временем выполнения операций, но неэффективны при низкой частоте обращений.

Одним из перспективных подходов для сокращения конкурентного доступа параллельных потоков является применение распределяющих деревьев (diffraction tree).

Целью данного исследования является разработка потокобезопасного пула без использования блокировок на основе распределяющих деревьев. Разработанный пул может применяться при реализации модели производитель-потребитель в многопоточных программах с постоянным числом активных потоков, где требуется высокая пропускная способность и быстрый возврат потоков из структуры с целью минимизации времени выполнения операций.

Распределяющее дерево (diffraction tree) [2] представляет собой бинарное дерево высотой h, в каждом узле которого находятся биты, определяющие направления обращений потоков (рис. 1). Узлы дерева (balancers) перенаправляют поступающие от потоков запросы на добавление (push) или удаление (pop) элементов поочередно на один из узлов-потомков: если значение бита равно 0, то поток обращается к узлу правого поддерева, если 1 — левого поддерева, и так далее до тех пор, пока потоки не дойдут до листьев дерева. После прохождения каждого узла поток инвертирует в нем соответствующий бит.

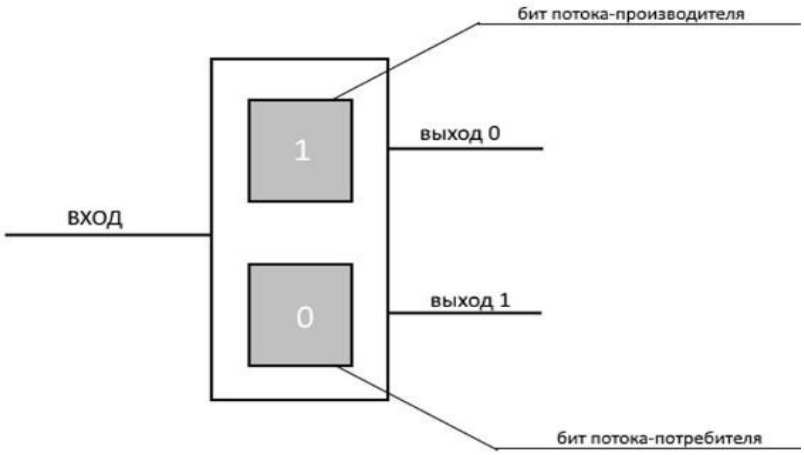


Рис. 1. Узел распределяющего дерева

В докладе будут представлены реализации данного пула, также будет представлен анализ эффективности данной реализации и сравнение с реализацией на основе блокировок.

Список литературы:

1. Херлихи М. [Herlihy M.], Шавит Н. [Shavit N]. The Art of Multiprocessor Programming. Morgan Kaufmann, NY, USA. — 2008. — С. 245-286.

2. Шавит Н. [Shavit N.], Земах А. [Zemach A.] Diffracting trees // ACM Transactions on Computer Systems (TOCS). — 1996. — V. 14. — №. 4. — С. 385-428.

Сравнительный анализ систем автоматизированного проектирования Компас и PTC Creo

Д. А. Грачева

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

В настоящее время проектные организаций в своей деятельности активно используют CAD-системы, необходимые для решения различных задач

проектирования и конструирования. В связи с этим сегодня предлагается большое количество различных программных продуктов, направленных на сокращение сроков разработки новых изделий, уменьшение себестоимости и повышение качества продукции. Примерами таких программ являются: AutoCAD, PTC Creo, SolidWorks, Компас-3D, CATIA и т. д.

Актуальность работы заключается в том, что она позволяет пользователю остановить свой выбор на одной из графических систем, а также увидеть достоинства и недостатки выбранных программных продуктов.

Цель работы состоит в проведении на конкретных примерах конструкторского сборочного узла сравнительного анализа графических систем PTC Creo и Компас-3D при формировании параметрических моделей механических деталей.

В ходе работы рассмотрена не только специфика работы со сборкой в выбранных системах и исследованы особенности при создании трехмерных моделей изготавливаемых деталей, но также проанализированы возможности при формировании документации.

В работе рассмотрены основные возможности графических систем и проведено сравнение на примере моделирования сборки насоса шестеренного (рис.1).

В ходе моделирования сборки насоса шестеренного произведено сравнение процессов моделирования таких деталей, как корпус, крышки, втулки, зубчатого колеса и т. д. Для 3D моделирования этих деталей использовались разные методы формирования при создании различных операций для исходных эскизов, всевозможные виды выталкивания и выдавливания, операции вращения, фаски, добавление в сборку деталей, использование стандартных библиотек систем и т. п.

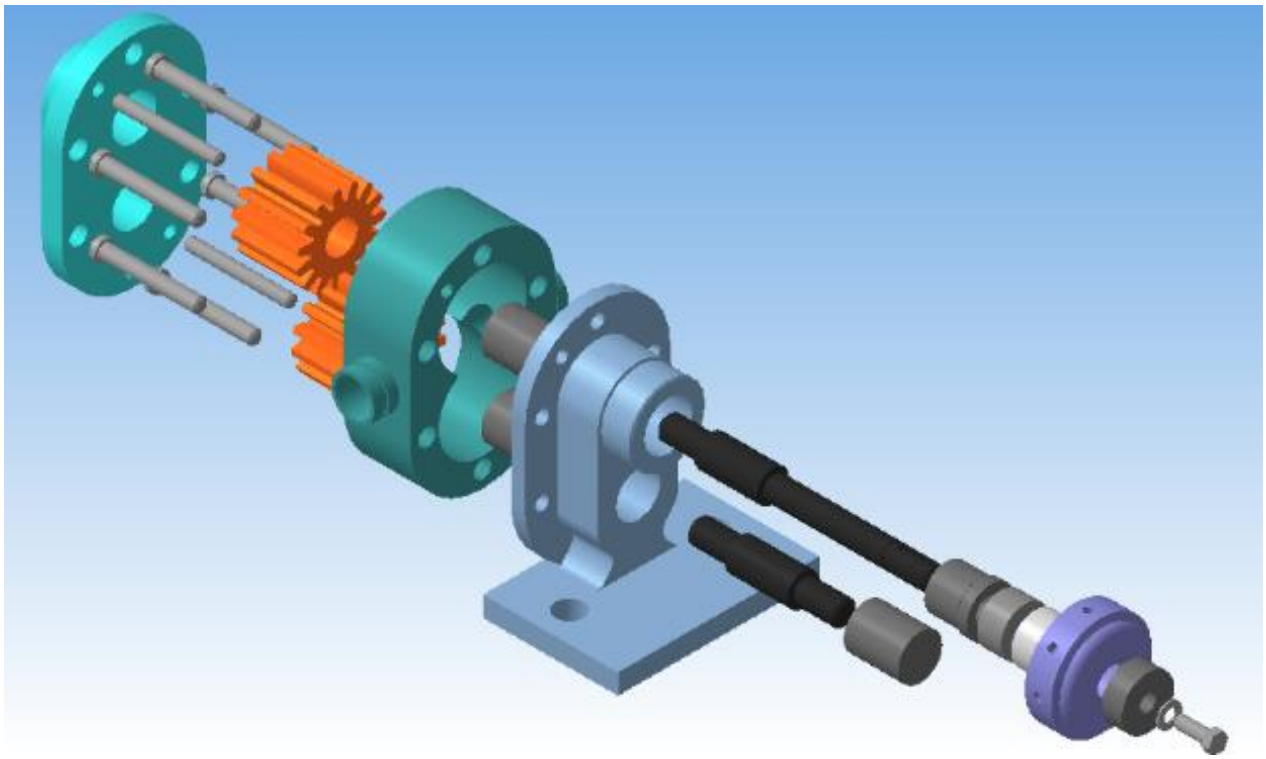


Рис.1. Насос шестеренный в разобранном состоянии

В ходе работы было выявлено, что у каждой системы есть свои положительные и отрицательные стороны. Следовательно, для получения лучшего результата и более эффективной работы лучше использовать сразу обе системы.

В результате работы, проведя сравнительный анализ графических систем PTC Creo и Компас-3D, можно отметить, что обе системы отлично справляются с трехмерным моделированием. При этом, несмотря на существенные отличия данных систем, работа двух этих программных продуктов основывается на одних и тех же функциях, таких как кинематическое выдавливание, вырезание, вращение и т. д. Так же можно сказать, что Компас-3D более прост в использовании и подходит для тех, кто только начал работать с разработкой трехмерных изделий. В то время как PTC Creo больше подходит для высококвалифицированных специалистов и для решения более сложных задач.

Список литературы:

1. Лячек Ю. Т., Бочков А. Л., Большаков В. П. Твердотельное моделирование деталей в CAD-системах: AutoCAD, Компас-3D, SolidWorks, Inventor, Creo: учебное пособие / УМО — Изд-во «Питер», 2014. — 480 с.

2. Лячек Ю. Т. Геометрическое моделирование.: учебное пособие / СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. — 63 с.

Автоматизация сбора, хранения и анализа информации о ходе технологического процесса на нефтебазе

А. П. Грейнер

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Целью работы является создание системы автоматизированного сбора, обработки и хранения информации о ходе технологического процесса (далее — ТП) перекачки вязких нефтепродуктов с целью последующего анализа этой информации и осуществления контроля за работой оборудования, технологических объектов, контрольно-измерительных приборов и персонала.

Программное обеспечение, применяемое в автоматизированных системах управления (далее — АСУ), позволяет осуществлять управление и визуализацию ТП в режиме реального времени. Однако, полноценный анализ невозможен без предварительного анализа предшествующих событий и наличия статистических данных о ТП [1].

В настоящее время проблема сбора и хранения информации о ТП решается, в большинстве случаев, покупкой дорогостоящих систем архивации данных от производителей SCADA-систем или средствами архивирования информации самой SCADA-системы. Эти решения построены на том, что значения параметров ТП архивируются с некоторой периодичностью, что обеспечивает удобство оперативного анализа, но требует больших объемов памяти и усложняет процесс анализа агрегированных показателей.

Разрабатываемая система состоит из следующих подсистем:

- подсистема фиксации значений параметров ТП на промышленных контроллерах;
- подсистема сбора информации о ходе ТП со среднего и верхнего уровня АСУ ТП;
- база данных для хранения информации о конфигурации системы и исторических данных о ТП;
- подсистема анализа ТП (оперативный анализ и архивные данные);
- подсистема графического ввода-вывода, позволяющая пользователю осуществлять управление и конфигурирование остальных подсистем в интерактивном режиме.

Особенностью разрабатываемой системы является фиксирование

состояния ТП на среднем уровне АСУ ТП, что позволяет получать полную и точную информацию о ходе ТП, исключив влияние программных и электрических сбоев верхнего уровня АСУ на сбор информации [2]. Система осуществляет сбор и хранение только тех данных, которые потребуются для дальнейшего анализа ТП. Для этого пользователям предоставляются следующие возможности:

- описание событий, происходящих в ТП;
- задание информации, обязательной для фиксирования;
- ввод математических выражений для вычисления дополнительных параметров или агрегированных показателей.

Агрегированные показатели вычисляются автоматически и хранятся совместно с зафиксированными событиями ТП, что позволяет значительно ускорить процесс последующего анализа и ограничить время хранения зафиксированных значений параметров ТП.

В целом, система позволяет хранить структурированную историческую информацию о ходе ТП, производить быстрый оперативный и архивный анализ, просматривать статистику событий ТП, вычислять сложные параметры для контроля за работой оборудования и персонала, а также для дальнейшей модернизации ТП.

Таким образом разрабатываемая система расширяет функции SCADA систем в части обработки исторических данных, а также предоставляет пользователям возможность анализировать отдельные объекты и процессы производства, позволяет уменьшить затраты за счет хранения только необходимой для анализа информации и автоматического агрегирования данных.

Список литературы:

1. Швецов Д. «Интеллектуальные системы хранения данных в АСУ ТП»: статья научного журнала // «СТА-ПРЕСС», 2011. — 4 с.
2. Парр Э. Программируемые контроллеры: руководство для инженера / Перевод 3-го английского издания Копытова Б.И. — Москва: Изд-во «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2007. — 504 с.

Применение разделяемых библиотек для создания масштабируемого сервера информационной системы

Д. С. Дементьев[1], К. А. Михайлов[2]

[1]СПбГЭТУ »ЛЭТИ», [2]СПб филиал ОАО «РТИ имени А. Л. Минца»

Создание больших информационных систем, функциональность которых будет изменяться в процессе эксплуатации, требует от программного обеспечения возможности добавлять новые модули и исключать ненужные модули без повторной сборки всего проекта. Такая возможность появляется, если, во-первых, саму информационную систему строить по архитектуре «клиент-сервер» [1], а, во-вторых, программное обеспечение сервера разделить на две группы модулей. Первая группа модулей — это набор сервисов, реализованных в виде разделяемых библиотек. Вторая группа — это модули, обеспечивающие вызовы запрашиваемых сервисов.

При такой архитектуре сервер легко масштабируется, что особенно важно, когда информационная система строится с использованием облачных технологий [2]. Сервисы могут добавляться и удаляться путем добавления и удаления соответствующих разделяемых библиотек. При этом модули, отвечающие за вызовы сервисов, остаются неизменными.

Для обеспечения работоспособности информационной системы все ее компоненты — клиент, сервер и сервисы — должны поддерживать определенный протокол взаимодействия. Сервис может реализовывать любую функциональность, например, запись в базу данных, чтение из базы данных, вычислительные операции. При этом внешние функции разделяемой библиотеки, реализующие этот сервис, должны поддерживать следующие требования.

Библиотека должна содержать функцию с известным серверу именем, возвращающую структуру с именами и параметрами всех остальных доступных функций. Эта функция имеет следующий прототип *void * getFunctionList().*

Все остальные функции имеют следующий прототип *void * function(void *).*

Например, если разделяемая библиотека имеет имя *«service_db»* и содержит функцию *«void * getData(void *)»*, то клиент может запросить ее следующим вызовом *«service_db/getData».*

Сервер содержит модуль — загрузчик сервисов, который при вызове

формирует список разделяемых библиотек, из каждой библиотеки вызывает функцию *«getFunctionList»* и по результату, возвращаемому этой функцией, формирует список функций сервиса, доступных клиенту.

Предопределенным сервисом сервера, который заранее известен клиенту, является функция *«getFunctionList»* в библиотеке без имени. После установления соединения с сервером по протоколу *«TCP»*, клиент посылает запрос *«/getFunctionList»*. По этому запросу клиенту возвращается структура со всеми доступными сервисами и всеми доступными функциями для каждого сервиса с подробным описанием каждой функции и параметров к ней. Получив этот список, клиент может формировать запросы к серверу на выполнение функции определенного сервиса. Далее обработка выполняется по классической схеме. Сервер, получая запросы от клиентов, выстраивает их в очередь. Эти запросы выбираются из очереди потоками, ответственными за выполнение функций сервисов. По имени функции, которую требуется выполнить, полученному от клиента, устанавливается адрес этой функции на сервере, и по адресу эта функция вызывается. Результат работы функции возвращается в очередь потока на передачу ответов клиенту. При добавлении нового сервиса на стороне сервера необходимо поместить разделяемую библиотеку в нужный каталог и перезапустить загрузчик сервисов. Загрузчик сервисов сформирует новый список сервисов и функций, доступных клиенту. При этом программный код самого сервера, состоящий из модулей загрузки сервисов, взаимодействия с клиентом по протоколу *«TCP»* и выполнения запросов не меняется.

Список литературы:

1. Карамнова В. М. Программное обеспечение клиент-серверной архитектуры [Электронный ресурс] // Молодежный научно-технический вестник. 2016. 1 октября. URL: http://sntbul.bmstu.ru/doc/849966.html (дата обращения: 20.02.2017).
2. Шаньгин В. Ф. Информационная безопасность. — М.: ДМК Пресс, 2014.— 702 с.

Разработка проблемно-инвариантного ядра для решения задач оптимизации в среде PSpice

Д.С. Духовников, В.С. Никулина, М.Н. Дозоров

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Задачи параметрической оптимизации радиоэлектронных схем имеют сложный характер, обуславливаемый множественностью, а зачастую и противоречивостью требований, предъявляемых к проектируемому устройству, неопределенностью условий его функционирования и рядом других факторов. Совокупность этих факторов приводит к необходимости решения на этапе проектирования задач векторной (многокритериальной) оптимизации, что, в свою очередь, требует включения в состав САПР специализированных математических и программных средств.

Одной из характерных особенностей задач векторной оптимизации, решаемых на этапе схемотехнического проектирования, является невозможность полной формализации, объясняющаяся прежде всего тем, что перед началом проектирования некоторые количественные характеристики схемы, как правило, не определены, также, как не определены и связи между ними.

В современных условиях интенсивного развития науки и техники немаловажное значение приобретает вопрос адаптации программного обеспечения к быстроизменяющимся требованиям к САПР, возникающий в связи с тем, что изменение технологий промышленного производства и развитие математического обеспечения происходят обычно более быстрыми темпами, чем может создаваться программное обеспечение новых САПР. Для замедления морального старения программного обеспечения (ПО) САПР в настоящее время предлагают использовать три возможных подхода:

- разработка САПР совместно с разработкой новых промышленных технологий;
- разработка САПР с учетом прогнозов на будущее;
- создание САПР, открытых как новым элементам математического обеспечения, так и по отношению к новым технологиям и предметным областям.

Наиболее перспективным является последний подход, одной из возможных реализаций которого может быть включение в состав САПР

диалогового проблемно-инвариантного ядра.

В настоящее время одними из наиболее популярных САПР электрических схем являются:

- OrCAD — система от корпорации MicroSim (объединилась с Cadence) (http://www.cadence.com/OrCAD), в состав которой входит известная PSpice.
- Micro-Cap — разработка фирмы Spectrum Software (http://www.spectrum-soft.com), выпускается кроме платформы IBM, также для NEC и Macintosh.
- Microwave Office — продукт компании Applied Wave Research (http://web.appwave.com), самая эффективная на сегодняшний день САПР сверх высоко частотных (СВЧ) устройств.
- System View — программа фирмы Elanix (www.elanix.com).
- Electronics Workbench (EWB) — разработка фирмы Interactive Image Technologies (www.ineractiv.com).
- CircuitMarker — продукт фирмы MicroCode Engineering (www. micro-code.com).

Практически все системы для моделирования используют расширенную версию алгоритма SPICE. Многие системы позволяют проводить многовариантный анализ, включая статистический анализ по методу Монте-Карло, рассчитывать чувствительность и проводить вариацию 1 или 2 параметров (Parameter Sweep). Однако только 3 из представленных систем имеют в своем составе средства параметрической оптимизации схемы — это OrCAD, Micro-Cap и Microwave Office.

На сегодняшний день OrCAD — самая популярная и мощная система схемотехнического проектирования, которая позволяет проводить сквозное проектирование радиоэлектронных устройств от ввода принципиальной схемы, ее моделирования до создания управляющих файлов для программаторов, разработки печатных плат и управляющих программ для сверлильных станков и вывода данных на графопостроитель. Одной из первых оптимизация электрических схем появилась именно в этой САПР в виде PSpice Optimizer.

Следует отметить очевидный недостаток — отсутствие специализированного блока анализа, учитывающего задание на оптимизацию. В пакете OrCAD параметрическая оптимизация выполняется методом наискорейшего спуска путем взаимодействия модуля PSpice Optimizer с

графическим редактором схем (PSpice Schematics или OrCAD Capture), программой моделирования PSpice и постпроцессором Probe. Критерий оптимизации — обеспечение заданного значения целевой функции при выполнении ряда линейных и нелинейных ограничений.
Для широкого ряда задач оптимального проектирования подход на основе свертки, реализованный в программе Optimizer дает достаточно удовлетворительное решение.

В докладе будет представлена архитектура системы, расширяющая возможности PSpice. При решении задачи оптимизации пакет OrCAD будет использоваться для задания принципиальной схемы и вычисления целевой функции.

Проблемно-инвариантное ядро является надстройкой к вычислительным пакетам OrCAD, которые предоставляют простой интуитивный интерфейс для задания характеристик схемы и их анализа, с помощью которых возможно получить необходимые данные для последующей оптимизации схемы.

Извлечение объектов и фактов из текстов

Д. Е. Журавлев, М. А. Порошин, В. В. Ворочек

Санкт-Петербургский Государственный Электротехнический Университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

В докладе рассказывается о том, как извлекается сущность (например, имена людей и географические названия) из текстов и запросов. А также об извлечении фактов, т.е. связей между объектами. Мы рассмотрим несколько подходов к решению этих задач: формулирование правил, составление словарей всевозможных объектов, машинное обучение.

Извлечение объектов и фактов из текстов — это часть NLP (Natural Language Processing — автоматическая обработка естественного языка). Конечная цель — научить машину полноценно понимать обычный человеческий текст [1].

Извлечение структурированной информации из неструктурированного текста называется Text Mining. Основная часть этого процесса посвящена определению объектов, их отношениям и свойствам в тестах.

Text Mining можно условно разделить на несколько крупных задач:

– Named Entity Recognition (NER) — извлечение именованных сущностей/объектов;

– Co-reference resolution — разрешение кореференции;

– Information Extraction (IE) — извлечение фактов.

Итак, на входе у нас текст на естественном языке. Анализировать его необходимо сразу на всех лингвистических уровнях: графематическом, лексическом, морфологическом, синтаксическом, семантическом. Затем слова нормализуются — выделяется их начальная форма. Далее проводится полный или частичный синтаксический разбор, определяются зависимости и связи между словами в предложениях. Следующий этап — полный или частичный синтаксический разбор. Выстраивается граф зависимостей и отношений между словами внутри предложения. Когда все эти шаги пройдены, можно переходить непосредственно к извлечению фактов. При помощи специальных алгоритмов мы хотим получить из неструктурированного отрывка текст, в котором все нужные нам объекты и факты будут размечены и категорированы:

- по онтологиям;
- опираясь на правила (Rule-based);
- опираясь на машинное обучение (ML).

Выбор оптимального подхода определяется конкретной задачей. Сейчас чаще всего применяются онтологии и машинное обучение, однако, будущее за гибридными системами [2].

Список литературы:

1. The Stanford CoreNLP Natural Language Processing Toolkit. In UNT, pp. 2, 2014.
2. Niculae Stratica, Leila Kosseim and Bipin C. Desai. NLIDB Templates for Semantic Parsing pp. 10, 2015.

Разработка программного обеспечения ультразвукового дефектоскопа

Д.А. Зыков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Задача неразрушающего контроля изделий является актуальной в различных сферах инженерной деятельности. Одним из методов выявления дефектов в изделиях является ультразвуковая дефектоскопия [1]. Существует множество дефектоскопов, специализированных под разные типы изделий, основанных на ультразвуковом методе. В данной работе рассматривается разработка программного обеспечения портативного ультразвукового дефектоскопа общего назначения — «Авикон-20» разрабатываемого в ОАО

«Радиоавионика».

Разрабатываемый прибор состоит из двух основных компонентов: вычислительного модуля и блока приема-передачи ультразвуковых сигналов.

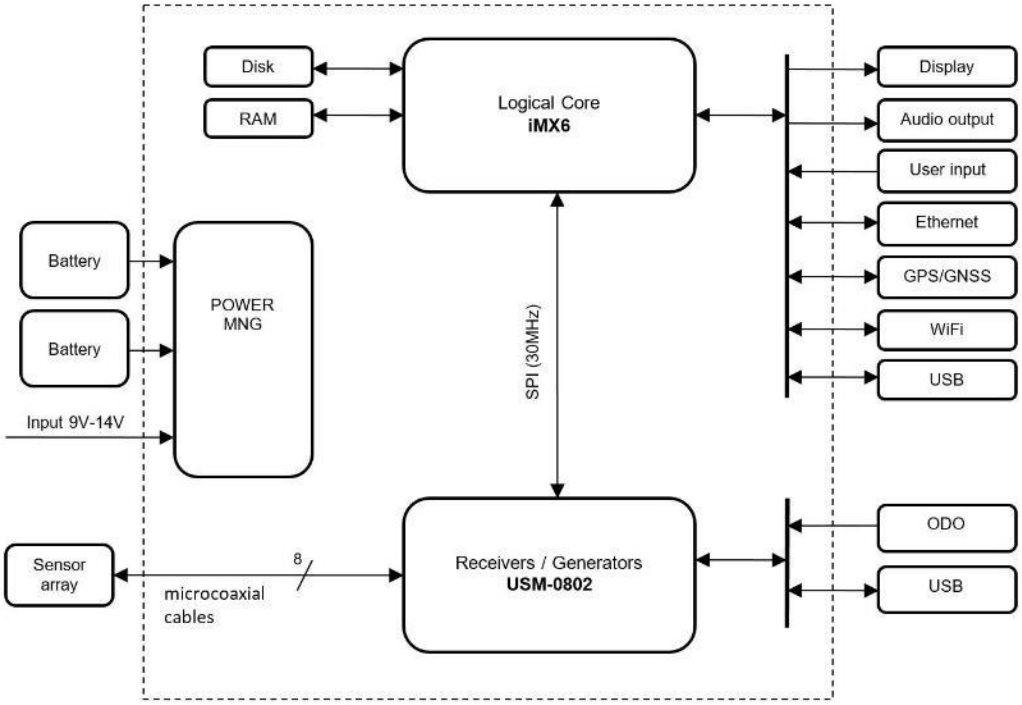


Рис. 1. Блок-схема дефектоскопа Авикон-20

Прибор представляет собой портативное устройство с сенсорным экраном и разъемами для подключения различных искательных систем. На рисунке (рис.1) представлена блок-схема компонентов системы.

Основным отличием «Авикон-20» от существующих ультразвуковых дефектоскопов является применение современной вычислительной платформы на базе одноплатного компьютера, снабженного многоядерным процессором «i.MX6» семейства ARM Cortex-A9. Данная вычислительная платформа обладает высокой производительностью, большим набором интерфейсов и предназначена для создания встраиваемых систем на ее основе. На вычислительном модуле работает операционная система на базе Linux, подготовленная с помощью системы сборки Yocto.

Блок приема-передачи состоит из ПЛИС, АЦП и двух линий для работы с каналами искательных систем. На логическом уровне вычислительный модуль взаимодействует с регистровой памятью блока приема-передачи с помощью простых операций чтения и записи. Существуют следующие виды регистров: регистры состояния прибора, регистры таблицы тактов, регистры A-развертки и X-развертки. Таблица тактов определяет порядок включения

пьезоэлектрических преобразователей искательной системы. Регистры ВРЧ служат для установки кривой ВРЧ контролирующей усиление сигналов приемника в зависимости от времени. X-развертка является оригиналом электрического сигнала, полученного непосредственно с АЦП. A-развертка является сглаженным огибающим сигналом, построенным на основе оригинала. A-развертка состоит из 800 отсчетов размером в один байт, сохраненных с использованием дельта-кодирования.

Разрабатываемое программное обеспечение представляет из себя многопоточную систему с пользовательским интерфейсом предназначенную для обработки, отображения и регистрации ультразвуковых сигналов. В распоряжении оператора дефектоскопа есть несколько способов отображения сигналов: A, B и A+B развертки. Также предусмотрены возможности по калибровке искательных систем, редактированию кривой ВРЧ, записи дефектограмм и передаче собранных данных на ПК. Разработка приложения ведется в соответствии с техническим заданием, по гибкой методологии с применением автоматизированного тестирования и непрерывной интеграции [2]. На рисунке (рис. 2) изображен пользовательский интерфейс разрабатываемого приложения.

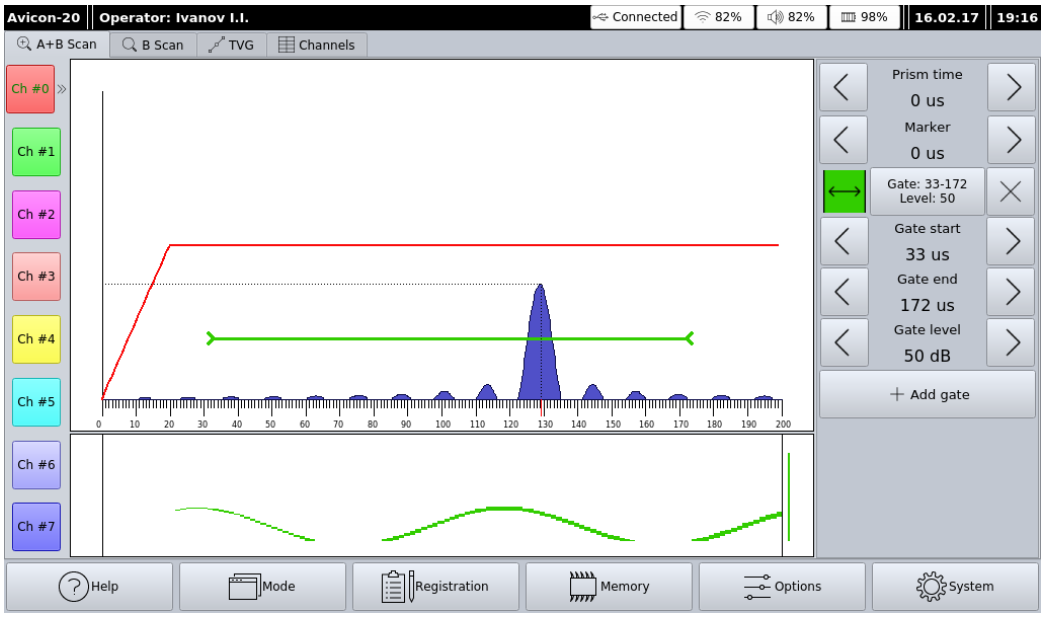


Рис. 2. Пользовательский интерфейс приложения

Приложение разрабатывается на языке C++ с использованием библиотеки Qt [3], что обеспечивает удобный интерфейс пользователя и кроссплатформенность в случае возникновения необходимости изменения аппаратной конфигурации вычислительного модуля.

В основу архитектуры приложения заложено разбиение на несколько уровней абстракции, начиная с интерфейса взаимодействия с SPI и регистровой памятью, заканчивая высокоуровневым управлением параметрами каналов и конфигурацией таблицы тактов. Ядро системы обеспечивает строгий порядок выполнения операций в цикле работы прибора, что исключает нежелательные переходные процессы, которые могли бы быть вызваны действиями пользователя. Ядро и пользовательский интерфейс отделены друг от друга для уменьшения связей в программе и для реализации автоматического модульного тестирования. Для достижения высокой производительности ядро системы работает в отдельном потоке, что позволяет распределить нагрузку по ядрам процессора и сделать интерфейс более отзывчивым на действия пользователя.

В результате работы был разработан прототип приложения, управляющего блоком приема-передачи ультразвуковых сигналов. Прототип является универсальным программным обеспечением дефектоскопа, реализующим в себе весь доступный функционал блока приема-передачи, что позволяет реализовать различные конфигурации прибора на его основе. В дальнейшем планируется расширение функционала прототипа добавлением поддержки специализированных искательных систем для железнодорожной дефектоскопии.

Список литературы:

1. Кретов Е.Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении / Е.Ф. Кретов. — СПб.: Изд-во «СВЕН», 2007. — 296 с.

2. Дюваль, П.М. Непрерывная интеграция: улучшение качества программного обеспечения и снижение риска / П.М. Дюваль, С.М. Матиас III, Э. Гловер. — М.: Вильямс, 2008. — 240 с.

3. Шлее, М. Qt 5.3. Профессиональное программирование на C++ /М. Шлее. — СПб.: БХВ-Петербург, 2015. — 928 с.

Инспекции по Фейгану

С.И. Калиберда

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Инспекции – это один из действенных и экономичных способов обнаружения ошибок в документах. В идеале, цель инспекций по Фейгану — найти и исправить все дефекты в продукте прежде любого тестирования и тем

самым устранить из процесса разработки все системные дефекты.

Инспекции по Фейгану нацелены на устранение всех возможных причин дефектов. Общая структура процесса инспекций представлена на рисунке 1.

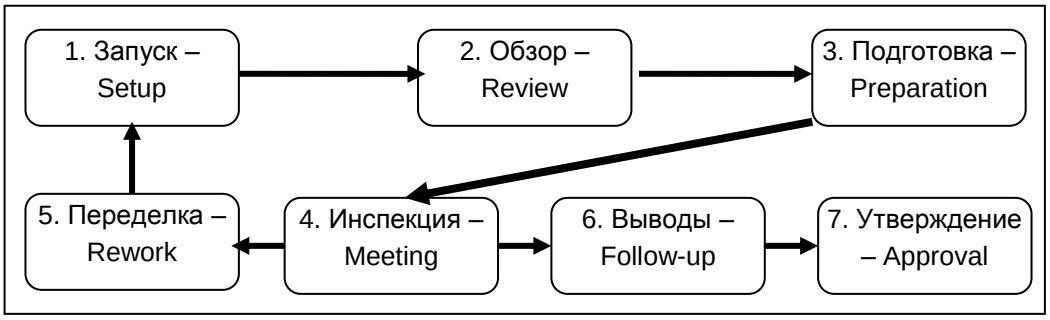


Рис. 1. Схема процесса инспекций по Фейгану

Для того, чтобы документ мог быть подвергнут инспекции, он должен удовлетворять ряду критериев, которые разные для разных типов документов.

Программный код. Код компилируется без ошибок и прошел синтаксическую проверку LINT-ом или аналогичными инструментами.

Детальный проект. Спецификация проектирования удовлетворяет стандарту проектирования (содержание, формат, специфицированные интерфейсы, уровень абстракции, словарь терминов, ссылочная документация).

Проект верхнего уровня. Спецификация проектирования удовлетворяет стандартам проектирования (содержание, формат, специфицированные интерфейсы, уровень абстракции, словарь терминов, ссылочная документация).

Требования. Представлена самая последняя версия документа «Спецификация требований», разделенная на сегменты размером не более установленного размера. Документ должен отвечать требованиям стандартов.

Между участниками инспекции распределяются следующие роли:

Ведущий — Moderator. Ведет команду в соответствии с процессом, стимулирует синергетику работы в команде.

Автор — Author. Создатель данного рабочего продукта, подлежащего инспекции.

Чтец — Reader. Обычно лицо, работа которого зависит от инспектируемого рабочего продукта.

Тестировщик — Tester. Учитывает, как будет тестироваться данный рабочий продукт и задает вопросы, напоминающие тесты (test cases) — например, для инспекций кода: «Какие возможны пути, данные, состояния,

граничные условия, исключения, коды возврата?»

Остальные — Others. Коллеги автора, компетентные в данном вопросе.

Если в организации собираются данные по трудоемкости поиска и исправления дефектов путем тестирования, то их можно сравнить с данными, получаемыми при поиске и исправлении дефектов методом инспекций и только на основании этих данных при статистически представительной выборке и качественного исполнения процессов делать вывод об их преимуществах или недостатках.

Список литературы:

1. Липаев В.В. Тестирование компонентов и комплексов программ: учебник. РАН. Институт системного программирования. — М.: Синтег, 2010. — 392 с.
2. Хант Э., Томас Д. Программист-прагматик: путь от подмастерья к мастеру / пер. с англ. А. Алексашин. — М.: ЛОРИ, 2009. — 270 с.

Разработка плагина Vagrant для клонирования виртуальных машин

А.В. Калюжный

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Актуальность проблемы

В данном исследовании рассматривается проблема отсутствия простого решения для создания копий для виртуальных машин, запущенных и настроенных с использованием утилиты Vagrant[**Ошибка! Источник сылки не найден.**]. Данная утилита совмещает в себе интерфейсы управления несколькими провайдерами виртуализации. Для каждого провайдера существует утилита для создания и управления виртуальной машиной, однако при этом не существует общего подхода для копирования виртуальных машин. Данная проблема актуальна в связи с тем, что запуск и настройка машины — долгий процесс, так как не настроенный образ должен запустится, после чего должно быть установлено нужное ПО, настроена сеть. Предлагается решить данную проблему путем интеграции операций клонирования в плагин для утилиты Vagrant, при использовании которого все сводится к копированию образов системы виртуальной машины, что требует только высокопроизводительный HDD или SSD с высокой скоростью чтения или записи.

Обзор существующих решений

В самой утилите Vagrant присутствует опция создания копий виртуальных машин и сохранения в виде, образа, который может быть распознан самой утилитой Vagrant. Но данное решение не позволит создать стек машин и сразу же их запустить — нужно будет создать бокс, создать новый конфигурационный файл, описывать машины, тогда как разрабатываемый плагин предложит простой интерфейс для подобных действий.

Выбор метода решения

Необходимо решить задачу создания копий виртуальных машин с использованием утилиты Vagrant для провайдера Docker[2]. Для решения данной задачи будут использованы утилиты для работы с виртуальными машинами провайдера Docker.

Простейший плагин для утилиты Vagrant выглядит следующим образом: новая команда добавляется в регистр команд, добавляется новая опция для командной строки и описывается ее действие. Решение также будет получать дополнительный опции, такие как путь, где будет создана копия виртуальной машины или машин и можно указать имя конкретной машины для клонирования.

Пример запуска разработанного решения:

vagrant clone PATH_TO_EXISTING_VAGRANT_ENVIRONMENT –n PATH_TO_NEW_VAGRANT_ENVIRONMENT

В данном примере есть настроенная и запущенная, с помощью Vagrant, конфигурация с одной или несколькими виртуальными машинами, опция **–n** указывает путь где необходимо создать копию конфигурации.

Описание используемых алгоритмов

Данный плагин использует утилиту командной строки провайдера Docker для создания образа виртуальной машины, клонированный образ будет сохранен по стандартному пути, заданному провайдером, и будет доступен для утилиты. Также данный образ будет доступен и при конфигурации машины для запуска утилитой Vagrant.

Исследование производительности решения

Клонирование одной виртуальной машины. На машины будут установлены различные пакеты (преимущественно пакеты для работы с базой данных MariaDB[3]). Время развертывания этой конфигурации составило около 6 секунд, тогда как клонирования данной конфигурации занимает всего 1 секунду.

Клонирование 6 однотипных машин в конфигурации (виртуальные машины будут настраиваться также, как и в предыдущем тесте). Будет запущено и настроено 6 машин. Время развертывания этой конфигурации составило около 7 минут, тогда как клонирования данной конфигурации занимает всего 1 секунду.

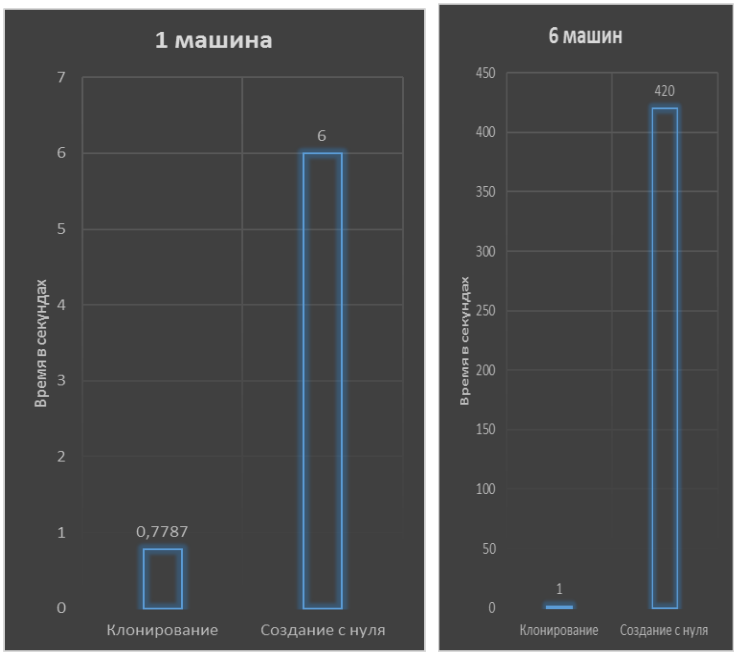


Рис. 1. Зависимость между созданием конфигурации с нуля и копированием готовой конфигурации. Вертикальная ось — время в секкундах, горизонтальная — вид выполняемого действия

Из графиков видно, что время затраченное на клонирование виртуальных машин меньше чем при создании виртуальнчх машин с нуля.

Выводы

В данной работе был создано решение для создания копий виртуальных машин для системы виртуализации Docker с использованием утилиты Vagrant.

Планы

Следующим шагом будет расширение данного плагина для других систем виртуализации: libvirt, virtualbox, aws и других провайдеров[1].

Список литературы:

1. Vagrant by HashiCorp — свободное и открытое программное обеспечение для создания и конфигурирования виртуальной среды разработки. URL: https://www.vagrantup.com (дата обращения: 10.02.2017).
2. Docker — Build, Ship, and Run Any App, Anywhere — программное обеспечение для

автоматизации развертывания и управления приложениями в среде виртуализации на уровне операционной системы. URL: https://docs.Docker.com. (дата обращения: 13.02.2017).
3. The MariaDB Foundation — Ensuring continuity and open collaboration in the MariaDB ecosystem — ответвление от системы управления базами данных MySQL, разрабатываемое сообществом под лицензией GNU GPL. URL: https://mariadb.org/. (дата обращения: 10.02.2017).

Статический анализ кода программы выявления вариаций генетической последовательности с помощью модифицированных карт Константайна как средство достижения масштабируемости, поддерживаемости и надежности ПО

Н.С. Карулин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Как объемы генетических данных растут стремительно [1], так и наборы инструментов для их анализа и обработки существуют и появляются в большом количестве. Некоторые из этих инструментов пишутся специалистами генетиками или биологами, доступными им технологиями, которые не выдерживают требований по производительности. С ростом объема данных увеличивается количество подходов к их анализу, вместе с требованиями к надежности и расширяемости ПО.

Таким образом, написанное специалистами предметной области ПО должно обладать гибкостью к расширению и модификации функциональности, хорошей тестируемостью и производительностью.

В данной работе был проведен статический анализ мигрированного с Perl на Java кода чувствительной программы распознавания вариаций геномной последовательности в BAM формате [2] — VarDict [3], разработана новая конвейерная архитектура и совершен переход к ней с применением инструментов последовательного рефакторинга.

При анализе кода и выработке его новой структуры были применены средства статического анализа и составления графов зависимостей программных объектов Doxygen (для получения диаграммы классов, графа вызовов), и на основе этого анализа выработана методология использования карт Константайна для выделения областей видимости и функциональных модулей программы (рис. 1).

Переход к новой конвейерной архитектуре обеспечил лучший потенциал для параллелизации как декомпозицией по данным, так и по функциям (модулям). Потенциал был реализован с помощью средств пакета java.utils.concurrent, эксплуатацией подхода work-stealing. Это показало лучшую утилизацию процессора и, как следствие, лучшую производительность системы.

Конвейерное устройство системы, кроме улучшения производительности за счет лучшей масштабируемости обеспечивает большую гибкость при модификации функциональности (встраиванием новых модулей в конвейер), что позволило разработать тестовый стенд, встраиванием верификационных модулей после каждого функционального. Специальные модули, сериализующие промежуточные результаты в JSON формат, в рамках тестового стенда обеспечивают их фиксацию для дальнейших приемочных тестов на заданном наборе тестовых случаев.

К этому также был разработан формат разрефженной референсной последовательности (thin-FASTA), что позволило хранить набор тестовых случаев совместно с тестовыми данными для тестирования с помощью тестового стенда прямо в репозитории исходных кодов благодаря малому размеру.

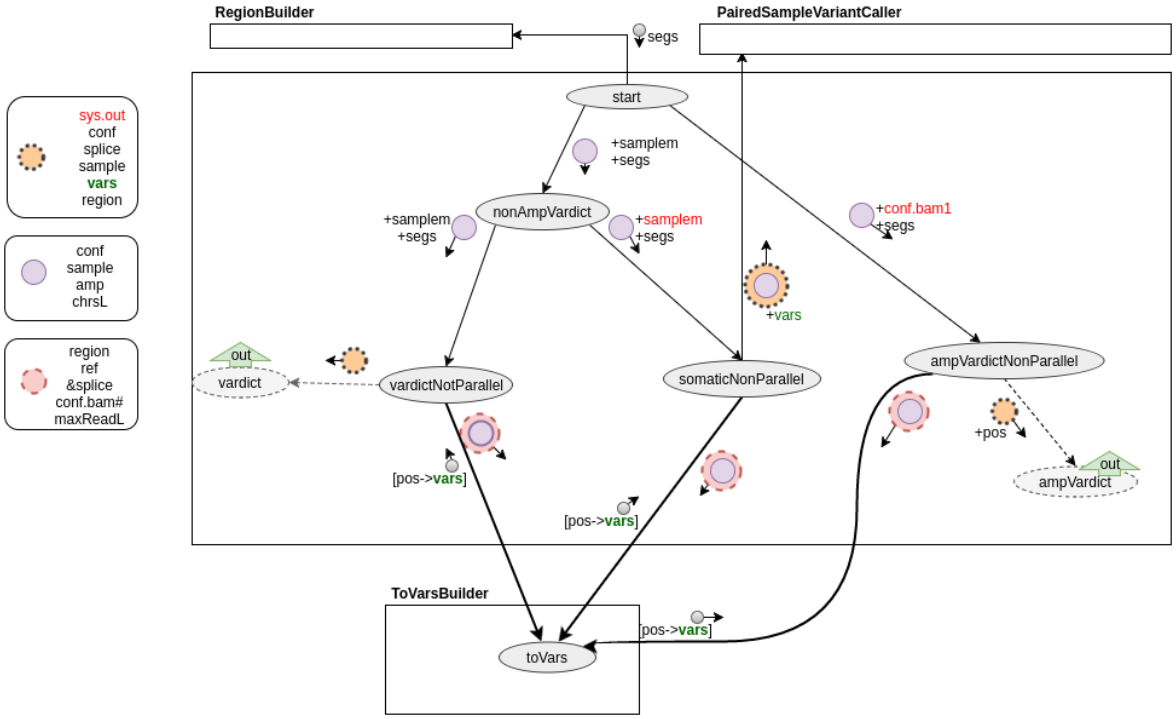


Рис. 1. Модифицированная нотации карт Константайна примененная к фрагменту

структуры VarDict

Таким образом, применяя статический анализ кода с помощью модифицированных карт Константайна была получена и реализована новая архитектура программы распознавания вариаций VarDict, благодаря чему была обеспечена лучшая производительность за счет масштабируемости, модифицируемость, разработан тестовый стенд системы.

Список литературы:

1. Stephens Z. D., Lee S. Y, Faghri F., Campbell R. H etc. Big Data: Astronomical or Genomical — Oxford, 2015 — Режим доступа: http://dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.1002195
2. Sequence Alignment/Map Format Specification. URL: https://samtools.github.io/hts-specs/SAMv1.pdf (дата обращения 22.02.2017)
3. Lai Z., Markovets A., Ahdesmaki M., Chapman B. etc. VarDict: a novel and versatile variant caller for next-generation sequencing in cancer research — Oxford: University Press, 2016

Разработка базы данных для учета эффективности работы экспертов ЕГЭ

Г. С. Киселев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Актуальность данной задачи обусловлена тем, что одной из важнейших проблем после проверки результатов Единого государственного экзамена является осуществление контроля за эффективностью работы экспертов ЕГЭ. Для анализа работы эксперта используются отчеты, представленные в виде электронных таблиц Excel из существующих автоматизированных информационных систем (АИС) «ЕГЭ» и «Параграф». Их основными недостатками являются: избыточное количество полей в отчетах, разреженность по разным файлам необходимой для учета информации, необходимость ручной обработки большого количества данных.

Целью работы является создание дополнительного модуля для обработки поступающих отчетов, мониторинга и анализа работы экспертов ЕГЭ за несколько лет.

Модуль должен:

- осуществлять получение и хранение данных об экспертах;
- структурировать данные об экспертах по признакам (ОУ, район,

предмет, результаты работы, год участия в проверке ЕГЭ);

- предоставлять возможность получения информации об экспертах в виде электронных таблиц и графиков по определенным признакам и критериям. Например, модуль должен предоставлять список экспертов с отрицательной динамикой эффективности работы за несколько последних лет.

Для решения поставленной задачи была спроектированы база данных в среде MS Access и шаблоны таблиц Excel для получения данных из существующей базы результатов ЕГЭ. Схема полученной базы данных представлена на рисунке 1.

Данная база данных позволяет не только отследить все этапы работы экспертов, но и предложить переподготовку тем, чьи результаты не соответствуют требованиям. Это позволит использовать ее для перспективного планирования курсов по подготовке экспертов.

Так же на встроенном языке программирования VBA были написаны макросы. С их помощью осуществляется чтение данных из предложенных таблиц Excel, создание отчетов в виде электронных таблиц, подготовка данных для графиков.

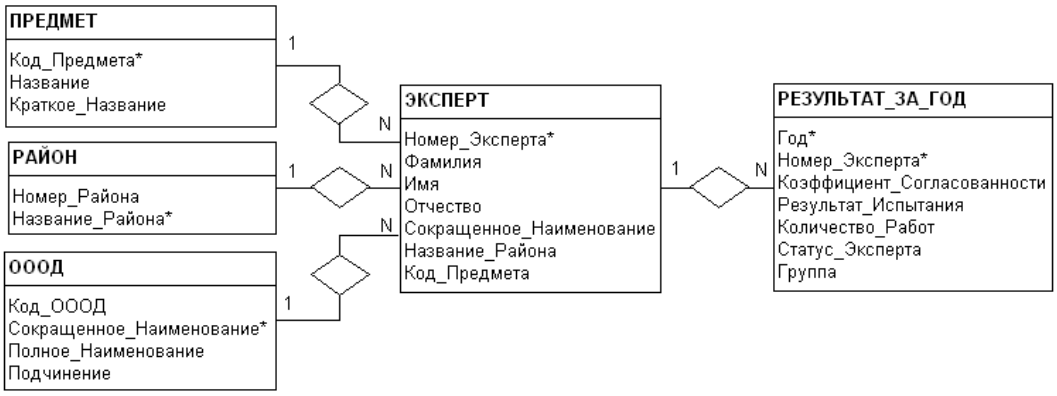


Рис. 1. Схема базы данных с использованием ER-диаграмм[1,2]

В обрабатываемых электронных таблицах Excel содержится более сотни параметров. Для оптимизации работы были предложены шаблоны исходных таблиц, которые структурируют входные данные согласно архитектуре разработанной базы.

Чтение исходных таблиц производится по следующему алгоритму:

1. проверяется наличие в обрабатываемой таблице столбцов «Фамилия», «Имя», «Отчество», «Район», «Краткое наименование» и дополнительных столбцов, связывающих эксперта с предметом;
2. из базы данных получается количество записанных экспертов;

3. в цикле для каждой записи исходной таблице формируется SQL-запросы к базе данных, генерирующие значения ключевых полей;

4. после чего информация об эксперте и сгенерированные данные с помощью SQL-запроса заносятся в базу данных.

Аналогичные алгоритмы используются для загрузки в базу данных справочников районов и ОООД и таблиц результатов работы экспертов за год. Для построения графиков используются следующие параметры: коэффициент согласованности, количество проверенных работ, результат испытания.

Пример генерируемого графика эффективности работы экспертов ЕГЭ по русскому языку из группы «Э — 120 Ряк» по параметрам «Результат испытания» и «Коэффициент согласованности» представлен на рисунке 2.

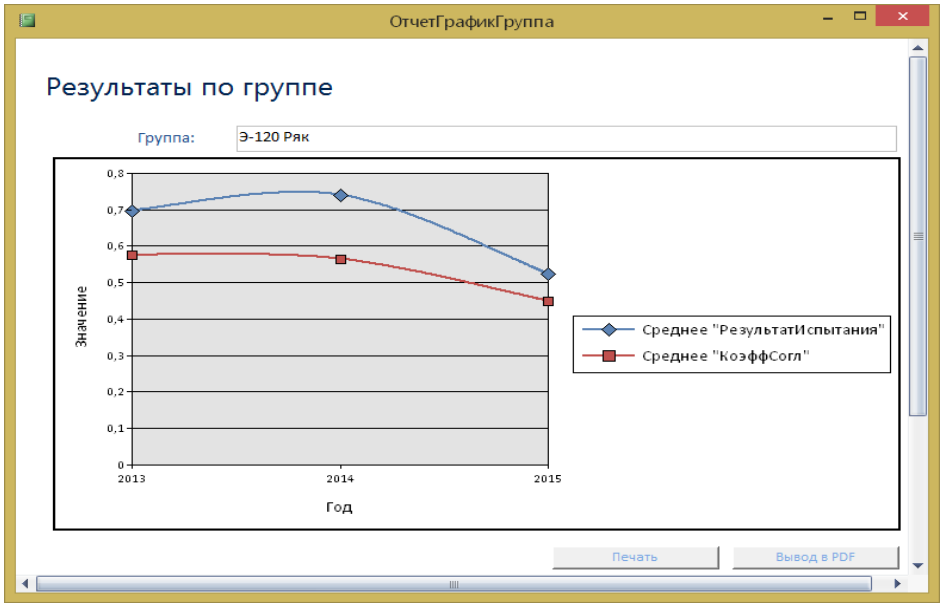


Рис. 2. Пример графика эффективности работы экспертов

Таким образом, на сегодняшний день спроектирована база данных, обеспечивающая хранение информации о численности и деятельности экспертов по годам, решена задача интеграции в существующую информационную систему модуля мониторинга эффективности работы экспертов ЕГЭ.

Список литературы:

1. Джексон, Г. Проектирование реляционных баз данных для использования с микро-ЭВМ [Текст]: пер. с англ. / Г. Джексон. — М: Мир, 1991. — 252 с., ил.

2. Васильев, В.В. Базы данных [Текст]: учеб. пособие / В.В. Васильев, А.О. Тимофеев. — СПб: СПбГЭТУ, 1998. — 80 с.

Разработка алгоритма сжатия, распаковки голосовых команд и распознавания через YandexSpeech Kit

Н.В. Компанищенко

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Актуальность работы

В современном мире существует большое количество алгоритмов сжатия, распознавания и передачи голосовых команд, но, к сожалению, единой программы для того, чтобы воспользоваться всеми этими алгоритмами едино, до сих пор не существует. Я решил объединить эти алгоритмы и представить их как единую программу. Данная тема является актуальной, так как ее можно использовать во многих сферах программного обеспечения, начиная, например, со Smart-TV и заканчивая более серьезными продуктами — полицейским чатом, например. Полицейскому не придется связываться с диспетчером по рации и объяснять, что случилось. Достаточно будет включить микрофон, записать голосовую команду и данная информация в текстовом виде может быть записана в чат.

Основные задачи

1. Создать программу сжатия аудиоданных путем вычисления аппроксимирующих коэффициентов. Под аппроксимацией подразумеваются описание некоторой зависимости или совокупности представляющих данных с помощью другой, обычно более простой или более единообразной зависимости. Коэффициенты аппроксимации — вектор многоуровневого разложения данных.

2. Создать программу распознавания сжатых аудиоданных с использованием YandexSpeech Kit.

Методы их решения

Задача № 1 решена с помощью matlab. Основные функции, которые при этом использовались — wavread (чтение данных из wave файла), wavwrite (запись данных в wave файл), wavedec (разложение сигнала вейвлетом Хаара до 2 уровня), appcoef (извлечение коэффициентов разложения), upcoef (восстановление коэффициентов разложения).

Задача № 2 решена с помощью языка программирования Java. Основные этапы: формирование POST — запроса в Yandex, звуковой файл преобразуем в байты, далее происходит добавление файла к POST — запросу,

устанавливаю тип содержимого, отправляю POST-запрос, выведение ответа.

Результаты

В качестве примера № 1 был выбран файл с голосовой командой: «Твой номер 212-85-06». Начальные данные: файл имел размер — 428 Кб, был продолжительностью — 5 сек; после сжатия: размер файла — 120 Кб, продолжительность менее 1 сек; после распаковки: размер файла — 428 Кб, продолжительность — 5 сек.

Вывод: в данном примере исходный файл уменьшился: после сжатия — в 3 раза.

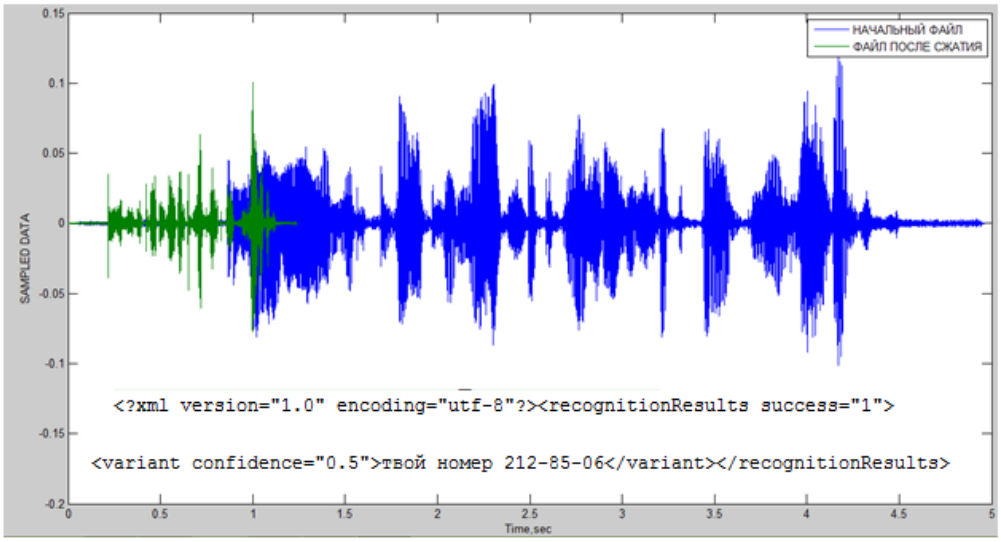


Рис.1

В качестве примера № 2 был выбран файл с голосовой командой: «28 января 71 года». Начальные данные: файл имел размер — 120 Кб, был продолжительностью 3 сек; после сжатия: размер файла — 40 Кб, продолжительность менее 1сек; после распаковки: размер файла — 120 Кб, продолжительность 3 сек.

Вывод: в данном примере исходный файл уменьшился: после сжатия — в 3 раза.

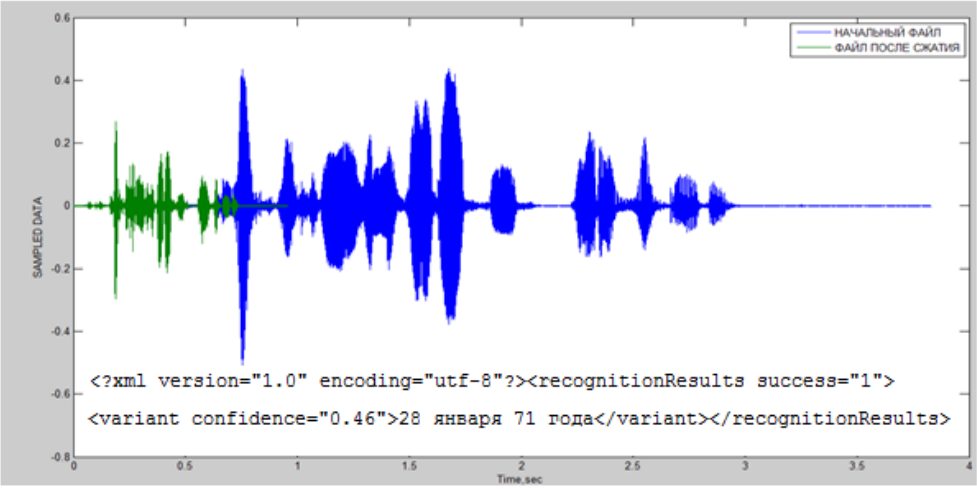


Рис.2

Вывод: В данной работе был создан алгоритм сжатия, распаковки голосовых команд при помощи вейвлетов и распознавания через Яндекс SpeechKit.

Направления для дальнейшего развития:

- алгоритм кодирования, передачи данных через Bluetooth Low Energy
- уменьшение файла максимального сжатия, в 2 раза от текущего.

Список литературы:

1. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в matlab. М: ДМК Пресс, 2005г. 304 с.
2. Солонина А.И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в MATLAB . М: БХВ-Петербург , 2008г. 816 с.
3. Яндекс SpeechKit — Комплекс речевых технологий Яндекса, который включает распознавание и синтез речи, голосовую активацию и выделение смысловых объектов в произносимом тексте // SpeechKit URL: https://tech.yandex.ru/speechkit/ (дата обращения: 20.02.2017).

Система сбора биометрических данных пчелиного улья

Е.Е. Копец, В.Г. Рыбин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Пчеловодство — ценная отрасль сельского хозяйства, которой занимается большое число как профессиональных фермеров, так и любителей. Мед и другие продукты пчеловодства имеют высокую стоимость. Согласно расчетам, пасека начинает приносить прибыль, когда количество ульев превышает 100 шт., а 400 ульев обеспечивают чистую прибыль более 2 млн

руб. ежегодно, исходя из нормы 25 кг меда с одной пчелиной семьи. Однако, в силу высокой трудоемкости обслуживания пасеки, лишь небольшое количество пчеловодов в Северо-Западном регионе могут выйти на рентабельность.

Значительно повысить производительность труда пчеловода возможно путем информатизации отрасли. Данная работа посвящена системе сбора биометрических данных о состоянии пчелиной семьи для осуществления автоматизированного мониторинга. Система осуществляет дистанционное измерение наиболее важных параметров улья — массы, температуры, шумов [1,2]. Это позволяет обеспечить раннее выявление болезней, роения, проникновения животных и птиц в улей и других внештатных ситуаций. В данный момент создан прототип системы для сбора информации о процессах, протекающих в одной пчелиной семье.

Разработанная установка представляет собой весы-платформу, на которую помещается улей, датчик температуры и микрофон. Платформа содержит 4 тензодатчика. Точность определения массы составляет около 200 г. Масса исследуемого улья может варьироваться от 20 до 120 килограмм. Датчик температуры выполнен на основе микросхемы MCP9808 и имеет точность 0,25°C. Сбор акустических данных производится при помощи микрофона. Полистироловый корпус улья выступает резонатором для внутренних шумов. Обработка и передача собранных данных пользователю производится на аппаратной платформе Arduino UNO.

В настоящее время разработан модуль для мониторинга состояния одной пчелиной семьи. Полученные данные передаются на персональный компьютер пользователя по интерфейсу UART. В дальнейшем планируется соединение модулей в сеть под управлением микроконтроллера, производящего периодический опрос и передающих информацию о состоянии всех ульев на точке с использованием технологии GSM.

Список литературы:

1. Таранов Г.Ф. Биология пчелиной семьи. М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1961.

2. Winston M. The biology of the honey bee. London, England: First Harvard University Press, 1991.

Управление проектами в условиях неопределенности

И.А. Короткова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Работа над любым проектом традиционно начинается с анализа и составления детального плана предстоящих работ, а также распределения обязанностей между исполнителями. Ответственность руководителя при этом состоит в том, чтобы составить такой план как можно точнее, а далее выполнить проект с минимальными от него отклонениями.

Однако часто на этапе планирования нельзя не только определить конкретный объем работ со сроками их исполнения, но и требования к результату проекта. Например, в самом начале разработки заказчик не знает точных характеристик требуемого продукта и имеет лишь слабое представление о проблеме, которую требуется решить.

При существующей неопределенности в целях и составе работ проекты не могут быть подробно спланированы до начала их выполнения. Поэтому для них неприменимы стандартные испытанные методы управления, такие как ГОСТ Р «Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом» или PMBOK. Принятие менеджером неподходящих решений в данной ситуации способно привести потенциально успешный проект к срыву сроков или полному провалу.

В таком случае необходимо использовать гибкие методологии, которые ориентированы не на завершение проекта, а на создание непрерывной работы над ним. Набор принципов Scrum сейчас является самым популярным гибким подходом не только в России, но и в мире.

HADI циклы как инструмент управления результатом

Еще одним инструментом, используемым при принятии управленческих решений и ускорении развития проекта, являются HADI циклы. Учитывая, что одним из основных условий гибкой методологии Scrum является привлечение к решению общей задачи всех участников проекта, использование HADI циклов сделает процесс внесения изменений эффективным и легко контролируемым.

Введение гибкого управления проектами

Необходимо учитывать, что внедрение гибкого управления проектами требует выполнения определенных условий. Во-первых, требуется внедрение

информационной системы с четким мониторингом всех активных задач и потоков информации в организации.

Во-вторых, культура менеджмента должна быть плавно изменена — перенесена ответственность за исполнение решений с руководителя на исполнителей. Так как при правильной организации работы, ослабление контроля со стороны менеджера, ведет не к снижению эффективности работ, а к повышению.

Цель данной работы — выявить общие признаки не поддающихся подробному планированию проектов, а также предложить принципы управления ими, позволяющие достичь поставленные цели, даже если изначально они сформулированы нечетко.

Метод проведения заключался в анализе методологий гибкой разработки программного обеспечения («Scrum», «Extreme Programming»), исследовании успешных примеров управления проектами с нечеткими целями и изучении результатов исследования стартап-акселераторов России, которые использовали в своей работе метод HADI циклов с целью увеличения конверсии на различных веб-сайтах.

В результате работы были сформулированы основные принципы и знания, которые в дальнейшем будут использованы при управлении проектами, в том числе стартапами.

Список литературы:

1. Михеенков Н. Методы ведения проектов [Электронный ресурс] // Сайт агентства Nimax. URL: http://book.nimax.ru/project-management-methods/ (дата обращения: 10.02.2017).
2. Семенов И. Гибкое управление проектами в условиях неопределенности и быстро меняющихся планов [Электронный ресурс] // Информационный портал spbIT.ru. 2012. 30 октября. URL: http://spbit.ru/news/n90060/ (дата обращения: 10.02.2017).
3. Carrot Quest Кейс: как улучшить показатели стартапа за 1 неделю [Электронный ресурс] // Блог компании Carrot Quest. 2015. 18 июня. URL: http://www.carrotquest.io/blog/kejs-kak-uskorit-razvitie-proekta/ (дата обращения: 10.02.2017).
4. Бек К. [Beck K.] Extreme Programming Explained: Embrace Change, 2nd Edition, Addison–Wesley, 1999. — 224 p.

Эхо-метод сокрытия информации в аудиофайлах

А. В. Костина, А. Ю. Кунац, В. Г. Миснянкин, М. А. Стельмах

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Задача защиты информации от несанкционированного доступа не теряет

своей актуальности с давних времен и до настоящего времени. В связи с бурным развитием информационных технологий остро встал вопрос защиты не только авторских прав, но и сокрытии самого факта передачи (хранения) информации, представленной в цифровом виде. Поэтому разрабатываются различные меры защиты информации, организационного и технического характера. Один из наиболее эффективных технических средств защиты авторского права мультимедийной информации заключается во встраивании в защищаемый объект невидимых меток — ЦВЗ. Для того, чтобы внедрить такие метки, а также какую-либо информацию, на сегодняшний момент существует множество методов. В данной работе рассматривается один из таких способов — эхо-метод.

При использовании этого метода данные заключаются в оригинальный звуковой сигнал посредством ввода эха. Данные скрываются при помощи изменения трех параметров эха: начальной амплитудой, степени затухания и задержки. Когда задержка между оригинальным сигналом и эхом уменьшается, сигналы смешиваются. В некоторой точке человеческое ухо уже не может различить эти два сигнала, эхо ощущается как добавочный резонанс. Эту точку достаточно сложно определить, она зависит о качества оригинальной записи, типа записи и слушателя. Обычно слияние сигналов осуществляется в районе 0,001 секунды, что характерно для большинства типов звуков и слушателей.

При кодировании используется две временные задержки, одна для обозначения логической единицы, другая для логического нуля. Обе задержки должны быть меньше порога чувствительности человеческого уха, при котором он может обнаружить эхо. Вдобавок к уменьшению временной задержки необходимо убедиться, что информацию нельзя раскрыть установлением начальной амплитуды и степени затухания ниже порога слышимости человеческого уха.

В данной работе выделены и рассмотрены основные шаги эхо-метода. На основе данного материала были выделены достоинства и недостатки. К достоинствам отнесли сравнительно высокую скрытность сообщения, устойчивость к амплитудным и частотным атакам. К недостаткам — низкий коэффициент использования контейнера и значительные вычислительные затраты. Однако значимость преимуществ, позволило пренебречь недостатками, что сделало возможным обойти по эффективности остальные методы. Поэтому был сделан вывод об использование эхо-метода встраивания информации для защиты авторских прав аудиофайлов цифровыми водяными знаками.

Список литературы:

1. Грибунин В. Г. Цифровая стеганография [Текст] / В. Г. Грибунин, И. Н. Оков, И. В. Туринцев. — Москва: Солон-Пресс, 2009. — 272 с. — (Серия «Аспекты защиты»).
2. Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных Утверждена ФСТЭК России 15.02.2008.
3. Жилкин М. Ю. Теоретико-информационные методы стегоанализа графических данных: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 2009/ Жилкин М. Ю. — Новосибирск. — 153 с.

Системы управления рисками, связанные с утомляемостью

А.А. Крючков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

В данном докладе рассматривается проблема безопасности полетов с точки зрения утомляемости членов экипажей. Сравнивается традиционный нормативно-регламентирующий подход к управлению утомляемостью членов экипажа и система управления рисками, связанные с утомляемостью, а также объясняется необходимость ввода СУРУ.

Утомляемость члена экипажа может быть определена как: *Физиологическое состояние пониженной умственной или физической работоспособности в результате бессонницы или длительного бодрствования, фазы суточного ритма или рабочей нагрузки (умственной и/или физической деятельности), которое может ухудшить активность и способность члена экипажа безопасно управлять воздушным судном или исполнять служебные обязанности.*

Утомляемость представляет собой наивысший уровень опасности в ряду человеческих факторов, поскольку влияет на большинство составляющих способности члена экипажа к выполнению должностных обязанностей. Таким образом, она связана с безопасностью полетов. ИКАО (Международная организация гражданской авиации, от англ. ICAO — International Civil Aviation Organization) определяет Систему управления рисками, связанными с утомляемостью (СУРУ, от англ. FRMS — Fatigue Risk Management System), как:

Опирающаяся на данные система непрерывного отслеживания и контроля связанных с утомлением рисков для безопасности полетов, основанная на научных принципах и знаниях, а также эксплуатационном опыте и обеспечивающая выполнение соответствующим персоналом своих функций в состоянии надлежащего уровня активности.

Главная цель СУРУ — обеспечение уровня активности членов летных и кабинных экипажей, достаточного для выполнения ими должностных обязанностей с удовлетворительной работоспособностью.

Суру направлена на достижение практического соотношения между безопасностью полетов, производительностью и затратами, на проактивный поиск возможностей совершенствования эксплуатационных процедур и снижения уровня риска, а также на поиск возможных недостатков по результатам расследования нестандартных ситуаций.

На данный момент концепция СУРУ не введена в авиационную отрасль в Российской Федерации. В России действует традиционный нормативно-регламентирующий подход к управлению утомляемостью членов экипажа, который заключается в установлении максимально допустимого полетного и служебного времени в течение суток, месяца и года, а также минимально допустимого периода отдыха во время выполнения служебных обязанностей и между сменами.

Установление норм полетного и служебного времени представляет упрощенный взгляд на безопасность полетов, а несоответствие — не обеспечивает. Данный подход не учитывает специфику эксплуатации и индивидуальные особенности пилотов.

В отличие от такого подхода, в СУРУ применяется многоуровневая стратегия обеспечения безопасности полетов. Происходит анализ данных, выявляющий риски, связанные с утомляемостью, а затем — внедрение механизмов управления и мероприятий по снижению данных рисков.

Были изучены результаты экспериментов зарубежных авиакомпаний, изучающих данную тему. Данная система помогает эффективно использовать рабочее время членов экипажей и понизить их уровень утомляемости.

Список литературы:

1. Fatigue Risk Management System. Implementation Guide for Operators. 1st Edition / IATA. — 2011.

2. Fatigue Risk Management System Introduction into a Long-haul Airline / Richard Jones. — 2013.

3. FTL / Hellenic CAA. — 2015.

Разработка программной системы для проведения голосований на основе технологии Blockchain

М.Е. Кузьмин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Информационные технологии с каждым годом все теснее интегрируются со многими сферами нашей жизни. Перенос какой-либо деятельности из реального мира в цифровой обычно приносит ряд существенных преимуществ. Однако, не всегда удается наделить программные модели систем в точности такими же характеристиками надежности и безопасности в области обработки информации, как их реальные прообразы. Практика показывает, что в любой электронной системе есть уязвимые места, которые в умелых руках позволяют получить полный несанкционированный доступ к данным. Однако, эта проблема может уйти в прошлое благодаря прогрессивному развитию криптографии и эволюции сетей, в частности — благодаря появлению технологии Blockchain, которая лежит в основе криптовалюты Bitcoin.

Концепция Blockchain имеет большие перспективы применения не только в экономической среде. Другое наиболее очевидное ее применение лежит в сфере проведения электронных голосований и выборов. Это обусловлено рядом выдающихся качеств: во-первых, система, основанная на данной технологии, обеспечивает надежное хранение информации благодаря использованию отказоустойчивой сети равнозначных клиентов и наличию локальных копий базы данных у каждого из них; во-вторых, она обеспечивает защиту от подделки или изменения важных данных, путем применения алгоритмов цифровой подписи и взаимной проверки целостности. [1]

И наконец, главное, что привносит Blockchain в сферу проведения голосований — повышение прозрачности и открытости всех процессов (учета пользователей, собственно голосования, подсчета голосов), а следовательно — повышение доверия пользователей к системе голосования в целом.

Стоит отметить, что преимуществом, по сравнению с аналогами, также является уменьшение денежных расходов на внедрение и поддержку программной системы, поскольку вся нагрузка перекладывается на персональные устройства ее конечных пользователей.

Приведенные преимущества использования Blockchain выгодны для

обеих потенциальных областей применения системы — как для организации выборов государственными структурами, так и для проведения различных голосований в коммерческих компаниях.

Рассмотрим кратко предлагаемую структуру программной системы и соответствующую адаптацию Blockchain. В ее основе — полная децентрализация путем построения сети одноранговых равноправных клиентов-пользователей (peer-to-peer). При этом каждый клиент независим и хранит на своем устройстве полную копию общей базы данных. Частичным исключением является «коренной клиент» (единственный в системе), который имеет организаторские функции — функции регистрации новых пользователей и инициации голосований.

Blockchain дословно означает «цепочка блоков транзакций». Любое действие и любой элемент данных в системе представляется как транзакция (создание нового аккаунта, событие голосования, отданный голос). Каждая транзакция содержит список открытых незашифрованных полей с данными, в зависимости от ее типа, а также некоторые общие для всех поля — электронную подпись создателя (алгоритм ECIES) и хэш (алгоритм SHA-2), рассчитанные на основе секретного ключа пользователя и тела транзакции. [2][3]

Когда в системе накапливается некоторое количество подтвержденных транзакций, они по специальному алгоритму упаковываются в блоки. При этом каждый новый блок содержит хеш предыдущего блока таким образом, что все они составляют единую цепочку — фактически, историю деятельности в системе с момента ее запуска. Данная цепочка многократно проверяется на целостность и рассылается каждому клиенту сети. [2][3] Описанная структура хранения данных гарантирует, что даже небольшое несанкционированное изменение на любом участке цепочки блоков сделает ее невалидной и она будет отвергнута при проверке другими участниками сети, хранящими у себя валидные цепочки. Более того, ситуации, как дублирование или накручивание голосов попросту невозможны. [4]

В то же время, все значимые для процесса голосования данные открыты для чтения так, что любой желающий может узнать какой пользователь, когда и за что голосовал, либо удостовериться в честности «коренного клиента». Однако, при этом сохраняется анонимность и прямое соотнесение аккаунтов с реальными людьми практически невозможно. Именно это является гарантией взаимного доверия пользователей друг к другу и к системе.

Стоит кратко сказать о перспективах разработки данной программной системы. Описанная структура системы может быть эффективно реализована на всех современных платформах и ОС, например, на основе стека технологий Java. На данный момент уже создан и опробован функциональный прототип. В результате его тестирования было доказано, во-первых, что построение предложенной сети на основе устройств различных классов (в т.ч. мобильных, с учетом накладываемых ресурсных ограничений) возможно; во-вторых, что сеть отказоустойчива и способна гибко масштабироваться. [5] И, наконец, подтверждено, что принципы Blockchain, заложенные в основе системы обеспечивают ее заявленные характеристики.

Подводя итог, можно сказать, что представленная концепция может быть применена для создания инновационного коммерческого продукта — полномасштабной программной системы для организации голосований и выборов любого уровня.

Список литературы:

1. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System [Электронный ресурс] // Satoshi Nakamoto. 2016. URL: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf (дата обращения: 20.02.2017).
2. How the Bitcoin protocol actually works [Электронный ресурс] / Michael Nielsen // www.michaelnielsen.org. 2014. URL: http://www.michaelnielsen.org/ddi/how-the-bitcoin-protocol-actually-works/ (дата обращения: 20.02.2017).
3. Blockchain database [Электронный ресурс] // Wikipedia, the free encyclopedia. 2016. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Block_chain_(database) (дата обращения: 20.02.2017).
4. Bitcoin [Электронный ресурс] // Wikipedia, the free encyclopedia. 2016. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Bitcoin (дата обращения: 20.02.2017).
5. Bitcoin Developer Documentation [Электронный ресурс] // Bitcoin Project. 2016. URL: https://bitcoin.org/en/developer-documentation (дата обращения: 20.02.2017).

Сравнение OpenMP на платформах Windows, Linux, WSL

И.А. Кулаков, Д.В. Константинов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Предпосылка

В современном мире существует множество различных ОС и новых мощных процессоров, позволяющих производить сложные вычисления с относительно небольшими затратами времени. Данное исследование проводилось с целью выяснить — в какой среде эффективнее всего производить трудоемкие

вычисления, а также способы уменьшения затрат времени на вычисления.

Цели работы

Провести сравнение времени выполнения многопоточных вычислений в разных средах выполнения.

Для проведения исследования был выбран алгоритм — вычисления числа ПИ с помощью интегральной формулы поскольку данный алгоритм хорошо поддается распараллеливанию и достаточно трудоемкий с точки зрения вычислений.

Для распараллеливания алгоритма было решено использовать технологию openMP. Данная технология позволяет эффективно писать одинаковый код для разных сред выполнения, минимизируя погрешности, которые вносятся при написании кода программистом с использованием p_threads или Windows Threads, в ОС Linux и Windows, соответственно.

Для сравнения были выбраны 3 среды выполнения: Windows 10, Windows Subsystem For Linux, Linux дистрибутив Ubuntu 16.10 LTS.

Тесты были проведены на двух компьютерах с различными процессорами.

- Intel core i7-4771
- AMD FX-8120

Тесты были проведены с различными флагами оптимизации для выявления изменений скорости вычисления.

Также был протестирован компилятор от компании Intel с улучшенной оптимизацией для процессоров Intel.

Таблица

	Intel			**AMD**
кол-во потоков	**Windows10**	**Ubuntu**	**wsl**	**Ubuntu**
1	8,67	8,31	12,77	21,63
2	4,57	4,24	6,46	11,14
4	2,76	2,14	3,4	5,72
8	2,18	2,2	2,16	3,36
12	2,18	2,14	2,17	3,26
16	2,17	2,15	2,16	3,26

32	2,19	2,15	2,15	3,24
64	2,22	2,14	2,15	3,24
128	2,22	2,14	2,16	3,25
256	2,18	2,12	2,17	3,24
512	2,22	2,15	2,16	3,21
1024	2,18	2,15	2,16	3,16

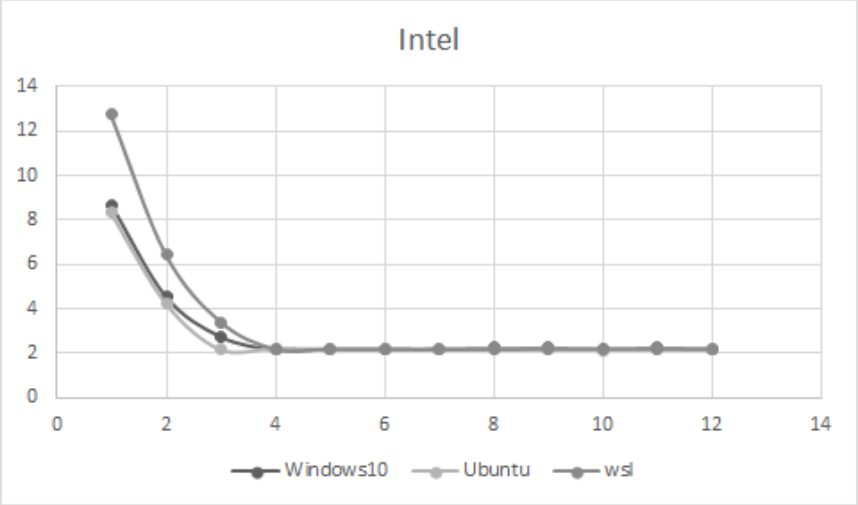


Рис.1. График 1

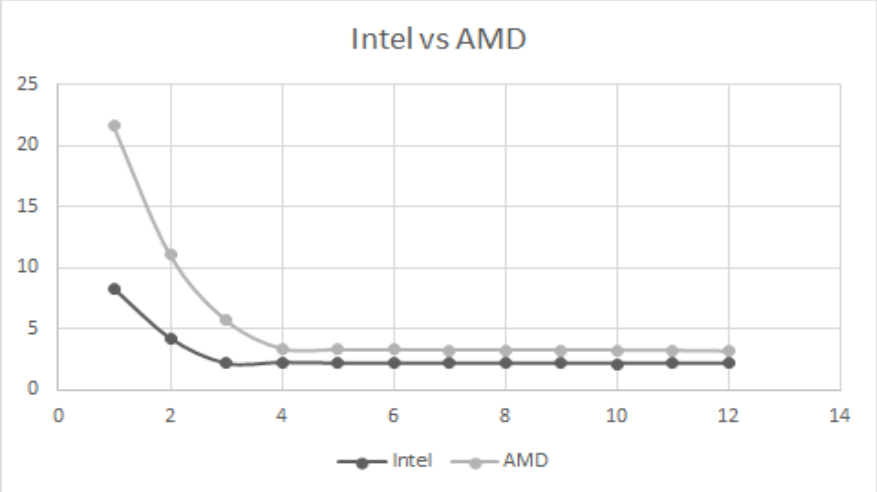


Рис.2. График 2

На графиках 1 и 2 по оси ординат приведено время в миллисекундах, а по оси абсцисс приведено количество потоков, где количество потоков (1, 2, 4, 8, 12, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024) соответствуют делениям (1, 2 — 12).

Из таблицы и приведенных выше графиков, можно сделать вывод, что сложные вычисления эффективнее проводить в ОС Linux, так как затраченное на вычисление время будет меньше. Однако такое утверждение верно только для небольшого количества потоков. Когда количество потоков становится 32

и более все системы показывают практически похожие результаты, хотя ОС Linux все равно показывает чуть меньшее время.

Список литературы:

1. Официальный сайт OpenMP[электронный ресурс] URL:http://www.openmp.org/ (дата обращения 24.01.2017).
2. Tutorial — Parallel For Loops with OpenMP, Руководство по работе с параллельными циклами в OpenMP, [электронный ресурс] URL: http://supercomputingblog.com/openmp/tutorial-parallel-for-loops-with-openmp/ (дата обращения 24.01.2017).
3. Блог разработчиков Windows. Fun with the Windows Subsystem for Linux, July 22, 2016 12:00 pm, [электронный ресурс] URL: https://blogs.windows.com/buildingapps/2016/07/22/fun-with-the-windows-subsystem-for-linux/#2oflbcYMO77FmOzY.97(дата обращения 05.02.2017).

Проектирование системы электронного документооборота для ведения нормативных данных учебного процесса ВУЗа

А.Ю. Кунац, В.Г. Миснянкин, А.В. Костина, М.А. Стельмах

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Информационные технологии в управлении учебным процессом в ВУЗе позволяют существенно снизить затраты на поддержание соответствующих процессов, повысить их качество и уровень оценки качества управления. Однако уровень формализации описания объектов и процессов учебного учреждения остается в настоящее время недостаточным. Большинство данных представлено в виде слабо структурированных файлов, часть данных в файлах дублированы, управление изменениями в данных слабо организовано и порождает множество ошибок. В этой связи разработка информационной системы поддержки учебного процесса в ВУЗе, основанной на объектной модели управления учебным процессом, несомненно, очень актуальна.

В данной работе поставлена цель спроектировать систему электронного документооборота для ведения нормативных данных учебного процесса.

ИС должна хранить нормативные данные учебного процесса и предоставлять их всем желающим. Должен быть организован инструмент удобной регистрации и изменения данных.

При проектировании ИС авторы использовали итерационную модель жизненного цикла.

Анализ бизнес-процессов является первым этапом проектирования ИС.

Наибольшую ценность предоставляет схема декомпозиции бизнес-процессов. Нас интересует схема декомпозиции классов процессов. Поэтому рекомендуется использовать компоненты специального стереотипа <<процесс>>. К этим компонентам применимо отношение обобщения-конкретизации и ассоциации типа <<использование>> между процессами и между процессами и классами-сущностями. Анализ бизнес-процессов проводится с целью сформировать требования к ИС в виде структуры вариантов использования (прецедентов). Прецедент также относится к стереотипу <<процесс>>, но описывает требования к сервисам ИС.

На этапе проектирования, прежде всего, формируются объектная модель предметной области. В качестве исходной информации использованы результаты анализа документов, описывающих нормативные данные (образовательные стандарты, образовательные программы, учебные планы, рабочие программы дисциплин и другие). Архитектура системы разработана с применением подхода, основанного на моделях, допускающих исполнение.

В результате работы на этапах анализа и проектирования был получен проект системы, содержащий достаточно информации для реализации.

Следующий этап разработки — реализация. На этом этапе будет создан пилотный проект системы.

Список литературы:

1. Дубенецкий В.А., Цехановский В.В. Объектно-ориентированные модели корпоративных бизнес-процессов. — Санкт-Петербург: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. — 152 с.

Особенности автоматизации конгрессно-выставочной деятельности

Ю.А. Макаренко

Международный банковский институт, Санкт-Петербург

Индустрия конгрессных услуг за последние десятилетия во всем мире развилась в развернутую и самодостаточную сферу бизнеса. Выставочно-конгрессная деятельность признана одним из самых эффективных механизмов делового информационного взаимодействия, и превратилась в перспективную и динамично развивающуюся отрасль экономики[1]. Спецификой инновационных бизнесов, к которым можно отнести IT-индустрию, системную интеграцию, деятельность по аутсорсингу, разработчиков в сфере IT и высоких технологий, является низкая эффективность традиционных каналов рекламы [2].

Это происходит потому, что очень сложно объяснить потенциальным клиентам суть подрывных инноваций [3]. В этом случае одним из наиболее эффективных способов продвижения товаров и услуг является проведение выставок, конференций, профессиональных сообществ, в которые могут быть включены круглые столы, мастер классы и прочая деятельность экспертного уровня, где компании сами выступают в качестве экспертов и собирают экспертное сообщество. Стоит отметить, что для этих видов бизнеса проведение конференций не является основных видом деятельности, в связи с этим компании сталкиваются с рядом проблем:

- во-первых, низкая эффективность проводимых мероприятий, поскольку это не основной бизнес процесс и он не регламентирован.
- во-вторых, из-за отсутствия систем автоматизации учета, происходит потеря клиентов. Данные об участников конференций не включают в воронку продаж, и как следствие возникает низкий показатель конверсии, хотя компании тратят время и деньги на проведение подобных мероприятий, главной целью которых является лидогенерация.

Для решения обозначенных проблем необходимо провести инжиниринг и автоматизацию бизнес-процесса. Описанные проблемы являются типовыми и решаются классом CRM-систем. Задачей системы является вовлечение по организации воронки продаж, автоматизация стратегии взаимодействия с клиентами и их удержание.

В данном работе рассматриваются и анализируется существующие системы автоматизации, которые используются и могут быть применены для автоматизации бизнес процесса по организации проведения выставочно-конгрессной деятельности компаний, целью мероприятий которых является выстраивание взаимоотношений с потенциальными клиентами.

Были сформулированы основные критерии выбора решения, изучен рынок и дан выбор.

Список литературы:

1. Соколов, Н.Е. Рынки ИКТ и организация продаж: учебное пособие / Н.Е. Соколов. — СПб.: Изд-во ПГУПС. — 2016.
2. Трифонова Н.В. Международные рынки: учебное пособие / Н.В. Трифонова, И.С. Варданян, А.А. Мельникова, Е.С. Хутиева. — СПб. Изд-во СПбГЭУ, 2016.
3. Атаян, А.М. Основы информационных технологий: учебное пособие /А.М. Атаян, А.М. Гагоева//Владикавказ. — 2011. — С. 248.
4. Лукавый, А.П. Моделирование бизнес-процессов / А.П. Лукавый, Н.Е. Соколов, А.Б. Еловиков. — СПб. — Изд-во «Скифия-Принт». — 2014.

5. Соколов, Н.Е. Проектирование информационных систем / Н.Е. Соколов — СПб.: — Изд-во «Копи Шоп Оранж» — 2013. — С 143.

Разработка приложения дополненной реальности для мобильной платформы Android

Г. Д. Макогонюк

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Технология дополненной реальности на протяжении последних лет становится все более популярной и проникает в самые разные виды человеческой деятельности. Так, например, на шлем пилота самолета-истребителя или же на лобовое стекло самолета может выводиться вся информация, необходимая в воздушном бою, что позволяет пилоту практически не отводить взгляд от наблюдаемой цели [1]. Во время проведения сложных хирургических операций врач может использовать специальные очки, на которые аналогичным образом будут выводиться жизненные показатели пациента. В общем случае, дополненная реальность позволяет человеку получать по зрительному пути больше информации об окружающей действительности, чем он способен видеть сам по себе.

Дополненную реальность можно применять и в быту. Рассмотрим пример, когда человек планирует купить диван. Для того, чтобы покупка была максимально удачной, необходимо произвести замеры свободного места, чтобы диван поместился в нем, и выбрать дизайн, который гармонирует с окружающей обстановкой. Даже если покупатель учел все эти нюансы, он может начать колебаться при выборе того или иного дивана, но, если бы покупатель знал, как будет выглядеть диван непосредственно на том месте, где его планируют поставить, сделать выбор было бы проще. В этом случае пригодится технология дополненной реальности, которая позволит человеку «увидеть» интересующий его диван прямо у себя дома.

Целью данной работы являлось создание такого приложения дополненной реальности для мобильной платформы Android, которое дает пользователю возможность узнать, как выглядят предметы интерьера из специального электронного каталога, будут ли они сочетаться друг с другом, и насколько хорошо они будут смотреться в реально существующей комнате.

Для реализации поставленной цели было решено использовать

кроссплатформенный игровой движок Unity (что дает возможность в будущем перенести разработанное решение на другие устройства, в частности, на мобильные устройства компании Apple) и платформу дополненной реальности Vuforia, которая включает в себя набор готовых библиотек и модулей, легко интегрируемых с Unity [2]. Для того, чтобы виртуальные предметы, дополняющие реальный интерьер, не «плавали» по комнате, необходимо связать их положение с неким неподвижным реальным объектом, относительно которого они будут размещаться. Этим объектом является так называемая метка или мишень — ImageTarget, в качестве которой использовался лист формата А4 со специальным узорчатым рисунком. Эту метку можно закрепить на стене или расположить на полу. Программный модуль Vuforia анализирует изображение, получаемое с камеры устройства, и пытается найти метку. Как только метка обнаружена, производится оценка ее наклона и искажения, что позволяет определить положение пользователя, держащего устройство, относительно этой метки. Зная положение пользователя относительно метки и положение виртуальных предметов в системе координат, связанной с меткой, можно вычислить положение виртуальных предметов относительно пользователя и вывести их на экран мобильного устройства.

В результате было разработано приложение, для пользования которым необходимо иметь мобильное устройство с ОС Android версии не ниже 2.3.1, а также лист формата А4 с меткой. Метка располагается на полу в том месте, где пользователь хочет произвести расстановку виртуальной фурнитуры, и должна преимущественно всегда находиться в поле зрения камеры мобильного устройства. Пользователь выбирает из электронного каталога понравившиеся ему элементы интерьера, и они появляются на экране устройства в виде 3D-моделей, расположение и ориентация которых привязаны к метке на полу. Элементы интерьера, созданные таким образом, визуально имеют размер, соответствующий их реальному прототипу, и их можно передвигать и поворачивать. Таким образом, пользователь сможет наблюдать на экране устройства изображение участка комнаты, полученное с помощью камеры, которое совмещено с изображением виртуальных предметов, которые как будто расположены перед ним.

Список литературы:

3. Augmented reality // Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Augmented_reality (дата обращения: 20.02.2017)

4. Getting Started View // Vuforia Library. URL: https://library.vuforia.com/getting-started (дата обращения: 20.20.2017)

Анализ описаний электронных схем в формате Spice, для определения размерности задачи моделирования

Е. А. Малинина

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Актуальность

В наше время больше всего ценится информация и время. Для работы с электронной схемой необходимо провести анализ, моделирование и оптимизацию. Однако первоначальный анализ схемы носит формальный характер. Необходимо оценить количество элементов схемы, их характеристики, а также другие особенности электронной схемы. Все это занимает время. Поэтому, создание программы, которая за короткое время могла бы проанализировать схему и дать краткую ее характеристику, не только позволит минимизировать работу человека со схемой, но и оптимизировать последующую работу системы моделирования электронных схем.

Цели исследования

Данная работа направлена на оптимизацию работы с электронной схемой (рис. 1.) в системе моделирования, путем предварительного ее анализа, т. е. определения размерности задачи проектирования, посредством программного обеспечения.

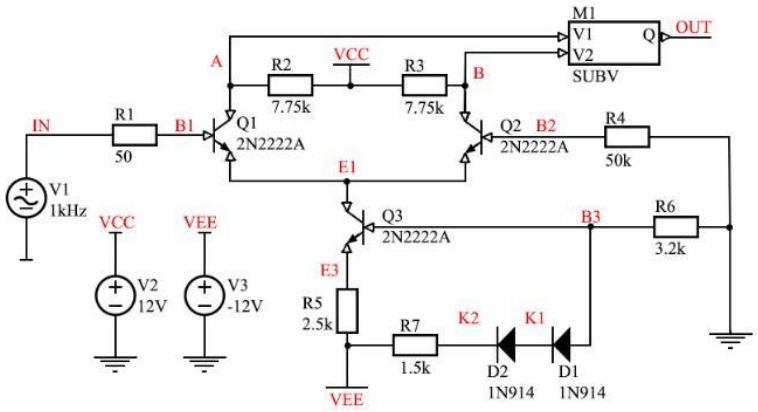


Рис. 1. Электронная схема

Методика

Для решения поставленной задачи, было решено создать программу, которая работает с одним из представлений электронных схем, а именно входным форматом системы моделирования Spice. Это текстовое описание

электронной схемы с четкими правилами, которое загружается на вход симулятору перед началом работой системы моделирования.

Для этого была проанализирована структура описания электронной схемы в формате Spice. Выявлены закономерности анализа схемы, количество и тип элементов, а также количество узлов в схеме.

Принцип работы

Программа начального анализа схемы реализована на языке функционального программирования F#. И в качестве входных данных программе нужен текстовый файл с описанием схемы в формате Spice. Программа считывает информацию из текстового документа. Она разбивает текст построчно, отделяя описания графа схемы, от описания параметров компонентов схемы. Потом обрабатывает описания графа схемы и выводит названия и количества узлов в схеме (рис. 2.).

```
 Исходная электрическая схема
*Schematic Netlist:
D1 B3 K1 1N914
D2 K1 K2 1N914
XM1 A B OUT SUBV
Q1 A B1 E1 2N2222A
Q2 B B2 E1 2N2222A
Q3 E1 B3 E3 2N2222A
R1 IN B1 50
R2 A VCC 7.75k
R3 B VCC 7.75k
R4 0 B2 50
R5 E3 VEE 2.5k
R6 0 B3 3.2k
R7 VEE K2 1.5k
V1 IN 0 DC 0V SIN(0 100m 1k 0 0) AC 1V 0V
V2 VCC 0 12V
V3 VEE 0 -12V
.END
 Узлы:
0 A B B1 B2 B3 E1 E3 IN K1 K2 OUT VCC VEE
 Количество узлов без земли:
13
```

Рис. 2. Пример работы программы

Результаты

Благодаря разработке данной программы удалось решить поставленную задачу. Созданная программа дала возможность предварительного определения размерности задачи, что позволяет оптимизировать дальнейшую работу с электронной схемой. Например, уменьшить объем подключаемых библиотек в системе моделирования, а также сократить время работы с электронной схемой.

Список литературы:

1. Никитин А. В. Методические указания к проведению практических занятий по дисциплине «Интегрированные САПР РЭА» СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. — 32 с.
2. Смит К. [Smith C.] Программирование на F# [Programming F#]: [пер. с англ.] — СПб.: Символ-Плюс, 2011. — 448 с., ил.

Применение аддитивных технологий для изготовления компонентов командных приборов

Р.А. Маркелов, А. Козырева, Р.И. Сольницев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Командные приборы представляют собой класс навигационных приборов, предназначенных для навигации и управления летательными аппаратами [1].

Внедрение и использование аддитивных технологий в проектировании и производстве командных приборов представляется актуальной задачей, поскольку при этом достигается высокий технико-экономический эффект.

Предварительный анализ перехода от изготовления деталей командных приборов стандартным способом к изготовлению на основе аддитивных технологий показал, что повышение коэффициента использования материалов приводит к существенному сокращению производственных издержек.

Уникальные возможности аддитивного производства для компонентов командных приборов имеют следующие преимущества [2]:

- возможность создания изделий со сложной формой;
- сокращение производственных издержек: себестоимости при малых партиях, затрат на электроэнергию, уменьшение размеров производственных площадей за счет сокращения ряда технологических операций;
- существенное сокращение длительности производственного цикла, сроков и стоимости запуска изделия в производство благодаря отсутствию необходимости в специализированной инструментальной оснастке;
- резкое повышение гибкости производства, отсутствие необходимости переналадки оборудования под новое изделие при наличии технологической линии аддитивного производства.

Применение аддитивных технологий к командным приборам становится возможным на основе следующих технологий:

- стереолитография (StereoLithography Apparatus, SLA);
- выборочное лазерное спекание (Selective Laser Sintering, SLS);

- селективное лазерное плавление (Selective Laser Melting, SLM);
- электронно-лучевое плавление (Electron Beam Melting, EBM);
- метод многоструйного моделирования (Multi Jet Modeling, MJM);
- метод послойного отверждения жидкого фотополимерного материала под воздействием ультрафиолетового излучения (Polyjet);
- послойное наплавление (Fusing Deposition Modeling, FDM).

Из перечисленных технологий для создания экспериментальных образцов из пластика был выбран метод многоструйного моделирования MJM на основе принтера 3D SYSTEMS, поскольку ранее использованный метод послойного отверждения жидкого фотополимерного материала Polyjet на принтере Object 500 показала отрицательный результат.

В качестве расходных материалов для изготовления компонентов командных приборов из пластмассы (ABS пластик, PLA пластик, PVA пластик, фотополимеры, нейлон) был выбран акриловый фотополимер. Для изделий из металла, в соответствии с требованиями существующей технологии изготовления командных приборов, планируется использовать титановый порошок, а также порошки на основе алюминия CAC1-400 и CAC1-50.

На основе проведенного анализа и рассмотрения существующих программных комплексов моделирования процессов порошковой металлургии, в перспективе предусматривается разработка алгоритмических и программных средств для подготовки расходных материалов из порошков титанового и CAC1-400 и CAC1-50. Как известно, порошки на основе алюминия CAC1-400 и CAC1-50 свободны от существующих недостатков производства на основе бериллия, который обычно используется при изготовлении гироприборов.

Одним из немногих доступных программных комплексов для моделирования процессов порошковой металлургии является PMPLabs от SIAMS LABS [3]. Лаборатория PMPLabs представляет собой программную платформу с веб-интерфейсом, в которую интегрированы компьютерные модели основных технологических процессов порошковой металлургии:

- модель высыпания порошка из воронки на плоскость (определение текучести, угла естественного откоса, насыпной плотности);
- модель насыпки порошка в пресс-форму (определение насыпной плотности);
- модель холодного прессования (определение плотности прессования, усадки, пористости; получение распределения плотности прессовки по высоте

заготовки, зависимости плотности прессовки от давления прессования);

• модель спекания (получение 3D-модели спеченного образца, определение пористости). Пористость является одним из важнейших критериев при изготовлении компонент командных приборов;

• модель движения шаров в шаровой мельнице (определение объемов каскадного и водопадного режимов течения, угла поворота шаровой загрузки и других динамических характеристик).

Таким образом применение аддитивных технологий для проектирования и производства компонентов командных приборов можно считать весьма перспективным и своевременным направлением повышения производства.

Список литературы:

1. Ю.С. Александров, В.П. Арефьев, О.А. Артемьев, М.А. Виноградов, В.А. Зелинский, В.М. Костырев, С.Г. Кучерков, А.М. Смирнов, А.В. Сорокин. Прецизионный комплекс командных приборов инерциальной системы управления разгонным блоком «Бриз-М» на базе гироприборов с газостатическим подвесом. — «Гироскопия и навигация» № 4. — 2000. — С. 11 — 17.

2. Аддитивные технологии и аддитивное производство // Globatek 3D URL: http://3d.globatek.ru/world3d/additive_tech/ (дата обращения:10.10.2016).

3. Моделирование порошков // SIAMS LABS URL: http://siamslabs.com/projects/pmplabs/ (дата обращения: 15.11.2016).

Следящая система контроля температуры

А. А. Мержанова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

При проектировании устройств часто возникает задача контроля температуры внутренних модулей или температуры внутри корпуса. В большинстве случаев обработка данных, полученных с сенсора, может быть реализована непосредственно на имеющемся вычислительном узле как дополнительная функция.

Цифровые системы измерения температуры сегодня широко применяются в связи с развитием цифровой микроэлементной элементной базы, в частности программируемых интегральных логических микросхем (ПЛИС). При этом особый интерес представляют датчики, которые формируют результат измерения в цифровой или частотной форме. Из существующих температурных датчиков, таких как резистивные

термодатчики, термопары, полупроводниковые датчики в качестве сенсора следящей системы контроля температуры используется полупроводниковый термодатчик фирмы Analog Devices TMP03 с частотным выходом [1]. Данный датчик является доступным, точным (однако точность полупроводниковых датчиков уступает точности термопар) и обладает дополнительным достоинством с точки зрения корпуса, поскольку может быть размещен даже в отверстии внутри твердого тела для измерения его температуры. Выбранный датчик можно размещать на кристаллах интегральных микросхем.

Выходной сигнал датчика представлен в ШИМ форме, как показано на рисунке 1 и связан с температурой (°C) следующим образом:

$$T = a_2 - \frac{a_1 * T_1}{T_2} \quad (1),$$

где: T_1, T_2– длительность единичного и нулевого импульсов соотв.,

a_1, a_2 — коэффициенты, определяемые типом датчика (a_1= 400, a_2= 235).

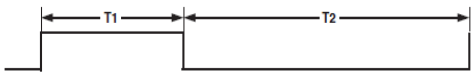


Рис. 1. Выходной сигнал термодатчика

В ходе выполнения работы была реализована следящая система контроля температуры на базе оригинального устройства [2], которая отличается следящим выполнением функционального множительно-делительного преобразования с использованием только операций «инкремент» и «декремент». Система обладает высокой помехоустойчивостью и реализует следящий режим вычислений.

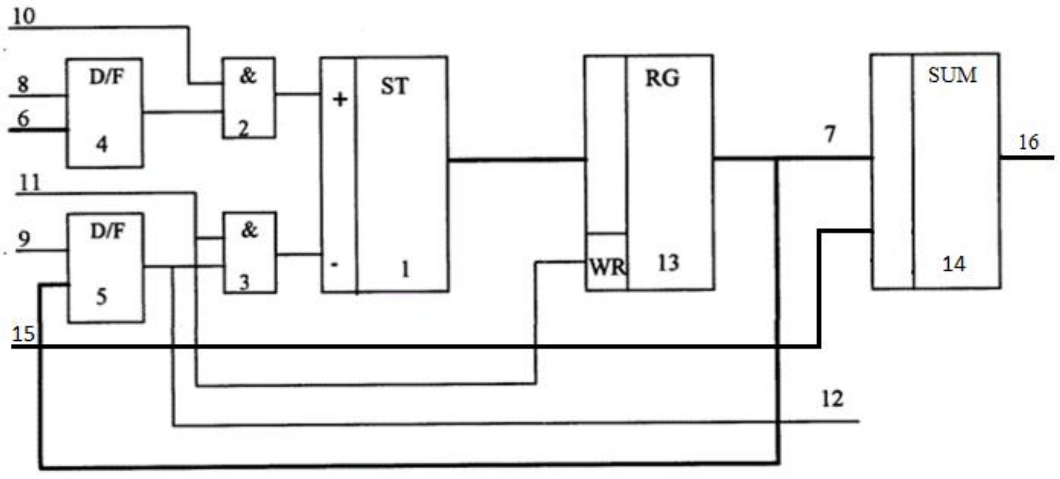


Рис.2. Функциональная схема множительно-делительного устройства

Система содержит реверсивный двоичный счетчик 1, два элемента 2, 3, два двоичных умножителя 4, 5, кодовый вход 6, кодовый выход 7, шины 8, 9 опорных частот, входы 10, 11 операндов устройства. ШИМ сигнал, снимаемый

с датчика, подается в прямом и инвертированном виде на входы 10 и 11 соответственно. На входы 8 и 9 подается опорная частота, а на вход 6 подается константа a_1. В следящем режиме формируется значение $\frac{a1*T_1}{T_2}$. Вычитатель 14, установленный на выходе схемы обеспечивает формирование окончательной функции преобразования (на входы его подается сигнал по шине 7 и константа a_2 со входа 15).

Для испытания разработанной цифровой системы использовалась учебная плата DE0 с установленной микросхемой Cyclone III. Проект системы был подготовлен в САПР Quartus II.

Список литературы:

1. Техническая документация на термодатчик TMP03 [Электронный ресурс]. URL: http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/TMP03_04.pdf.

2. Патент РФ Пат. №2097829 РФ, МПК6 G 06 G 7/62. Множительно-делительное устройство. — № 95107218/09; заявл. 04.05.95; опубл. 27.11.97, Бюл. №33. — 5 с.: ил.

«Умная лестница»

А.А. Мирко

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Многих владельцев домов с лестницей интересует вопрос организации освещения лестничного пространства, ведь это проходная зона с большим перепадом высот и вопрос безопасности передвижения по ней стоит на первом месте.

На безопасность лестницы главным образом влияет правильная конструкция и расчет при строительстве лестницы, но освещение так же играет очень важную роль.

Освещение лестницы при подъеме или спуске с этажа на этаж, является необходимым элементом общей системы освещения дома. В основном освещение лестничных маршей, а точнее ступеней, требуется в загородных домах и коттеджах. На вышеуказанных объектах, лестницы обычно имеют крутой подъем, и многие люди в особенности преклонного возраста ощущаю дискомфорт при подъеме или спуске с этажа на этаж. Если вы решите установить светильник для освещения лестницы с обычным выключателем, то тем самым создадите неудобство при отключении света после спуска или подъема, т.к. выключатель вы нажмете либо внизу, либо наверху, а после чего

не сможете отключить светильники.

Целью работы является разработка «Умной лестницы», которая решает такие проблемы как: создание комфортных и безопасных условий для пользования лестницей; экономия электроэнергии; потрясающий декоративный эффект; «подъемная» цена; система оповещения в случае проникновения воров.

«Умная лестница» с помощью датчика HC-SR04 определяет расстояние до объектов. Датчик генерирует звуковые импульсы на частоте 40 кГц и слушает эхо. По времени распространения звуковой волны туда и обратно можно однозначно определить расстояние до объекта. На *рисунке 1* продемонстрирован принцип работы датчика.

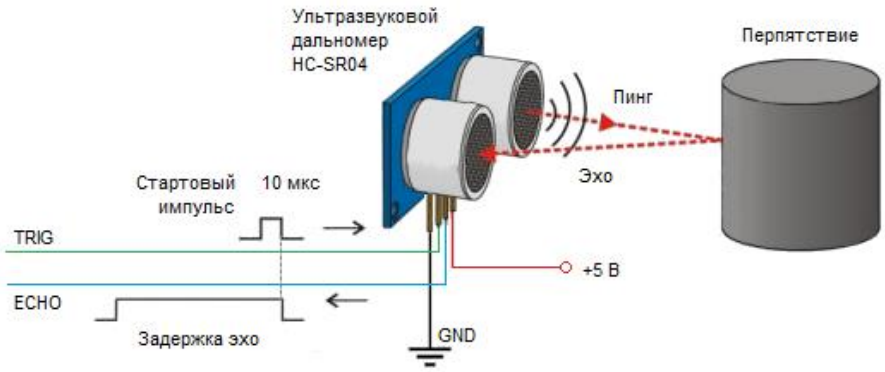


Рис.1

После получения положительного ответа от датчика HC-SR04, включаются поэтапно RGB LED ленты, до тех пор, пока владелец не дойдет до следующего датчика HC-SR04. После того как владелец прошел через второй датчик, свет гаснет, но не полностью. Полное отключение света в плохо освещенное время может привести к травме, потому «Умная лестница» предусматривает установку датчика Keyes, который выключает лестницу в светлое время суток и оставляет светить первые ступеньки в ночное время.

«Умная лестница» включает в себя контроль с помощью пульта, который может переключать режимы работы лестницы, включать и выключать «Систему оповещения» и контролировать уровень освещенности лестницы. Рассмотрим, какие режимы существуют в «Умной лестнице». Их всего два: «постоянного освещения» и «ожидание движения». Режим «Постоянного

освещения» — это режим, в котором не используются датчики HC-SR04, а пользуемся только датчиком Keyes, который оповещает «Умную лестницу» когда нужно включать освещение, а когда нет. Второй режим «Ожидание движения» был описан выше. Вся система «Умная лестница» была реализована на основе Arduino Uno.

«Система оповещения» — это система, которая оповещает владельцев дома по электронному адресу о проникновении в дом, в случае отсутствия владельцев дома. Для реализации был использован Ethernet Shield и подключение к интернету. Принцип работы «Системы оповещения»: при включении системы, подсветка лестницы выключается, работают только датчики HC-RS04, которые фиксируют время и дату проникновения в дом, после того как датчики зафиксировали информацию они ее отсылают через электронную почту, используя специальный сервер smtp.

Результатом работы является полностью работоспособная система, под название «Умная лестница», которая следит за безопасностью на лестнице и во всем доме.

Список литературы:

1. Roderick W. Smith Сетевые средства Linux [Электронный ресурс] / Л. Шапиро, Дж. Стокман; пер. с англ. В. Вейтман. — Вильямс. — 2003.
2. Дж. Блум. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства [Электронный ресурс] — 2015.

Способы развития обработки цифровой картографической информации в автоматизированных средствах управления кораблем

В.Г. Миснянкин, А.Ю. Кунац, А.В. Костина, М.А. Стельмах

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

На сегодняшний день, электронная картография является одним из основных направлениям развития Морских Служб. Роль электронных карт в автоматизации процессов управления силами МС определяется тем, что они могут являться картографической основой геоинформационных систем (ГИС). Электронные карты в МС используются:

– в системах управления движением кораблей;

– в системах гидрографической и гидрометеорологической разведки;

– в корабельных электронных навигационных информационных системах;

– в тренажерной технике и др.

Основной задачей при разработке автоматизированной системы обработки МС ЦКИ стало повышение эффективности обеспечения штабов, пунктов управления, кораблей и судов МС цифровой картографической информацией (ЦКИ) за счет автоматизации процессов:

- сбора;
- учета;
- обработки;
- обеспечения хранения.

В том числе тиражирования и доведения цифровой картографической информации до потребителя. Основная задача этой системы — автоматизация процессов управления деятельности органов управления МС на основе использования ЦКИ.

В основу построения архитектуры системы был положен принцип многоуровневой обработки информации. В настоящее время в системе используются три уровня обработки:

– центральный (главный);

– региональный (береговой);

– корабельный (потребитель).

Запрос на предоставление ЦКИ формируется:

– в комплексе средств автоматизации пользователя корабля;

– в береговом комплексе средств автоматизации пользователя соединения кораблей;

– в комплексе средств автоматизации регионального центра обеспечения ЦКИ;

– в центральном комплексе средств автоматизации МС с удаленных автоматизированных рабочих мест, развернутых в соответствующих системах передачи данных.

На сегодняшний день, геоинформационные системы GiST нашли свое применение в решении различных задач связанных с моделированием процессов и ситуаций, благодаря чему, можно говорить о новом классе интеллектуальных геоинформационных систем. Реализация дерева по шаблону GiST обладает следующими преимуществами:

- Легкость применения новой структуры (для этого необходимо реализовать всего 6 методов интерфейса GiST);
- Инкапсуляция внутренней структуры дерева;
- В GiST системе используется механизм обеспечения параллельного доступа;
- В GiST системе производится обеспечения изоляции транзакций.

Основным же ее недостатком является то, что не любую структуру данных можно реализовать таким способом. Например, если брать на рассмотрение более углубленные модификации R-дерева, а именно RR*- tree и Гильбертово R- tree, создают некоторые трудности для встраивания их в GiST систему.

Поэтому необходима модификация GiST системы, непосредственно под нужды ЦКИ,

Таким образом, внедрение GiST системы с элементами искусственного интеллекта для обработки геопространственной информации, позволяет:

– повысить качество и скорость обработки данных за счет применения новых функций;

– развивать и улучшать алгоритмы обработки пространственных данных;

– улучшить качество и скорость представления запрашиваемой информации для пользователя.

Список литературы:

1. В.А. Титлянов, А.А. Якушев, М.Ю. Смирнов. Навигация и гидрография // Пути совершенствования автоматизированной системы обеспечения ВМФ цифровой картографической информацией (АСО ВМФ ЦКИ). — 2015. — № 42. — С. 7-11.
2. К.Е. Чередник «Сравнительный анализ алгоритмов расщепления вершин в R-дереве. — С. 15-21.
3. М.Ю. Смирнов. Пути модернизации навигационного комплекса для надводного корабля и его возможная интеграция с комплексной системой управления: труды VII Российской научно-технической конференции «Навигация, гидрография и океанография: приоритеты развития и инновации морской деятельности» «НГО-2011» (18–20 мая 2011 г., С.-Петербург). — С. 144–146.

Автоматизированная методика проектирования цифро-аналоговых преобразователей для интегральных схем микромеханических датчиков

А.А. Михтеева[1], И.В. Лемко[1], Я.В. Беляев[1,2], Д.В. Пузанков[2]

[1]АО "Концерн "ЦНИИ "Электроприбор"

[2]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Широко используемыми устройствами, входящими в состав интегральных схем микромеханических датчиков, являются аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. При проектировании аналого-цифровых и цифро-аналоговых устройств интегральных схем сталкиваются с необходимостью учитывать статистический разброс технологических параметров, а также паразитные эффекты топологической реализации и влияние функционирования цифровых блоков на аналоговые [1]. Для уменьшения вероятности появления ошибок в аналого-цифровых блоках вводят дополнительный этап совместного моделирования аналоговых и цифровых блоков. Цифровые блоки в основном разрабатываются на основе поведенческих моделей с помощью языков описания аппаратуры и их процесс проектирования во многом автоматизирован. Разработка же аналоговых блоков в основном рассчитана на «ручное» проектирование, что увеличивает сроки разработки всего устройства. Для сокращения времени разработки на раннем этапе проектирования устройства для совместного моделирования используют представления аналоговых блоков в виде поведенческих моделей с помощью расширений цифровых языков описания аппаратуры HDL AMS [2]. Данные модели являются гибкими и требуют меньших временных затрат на моделирование [3]. Однако для достижения требуемых параметров аналогового блока нередко требуется много итераций создания моделей. И поскольку процесс перехода от поведенческой модели к модели на уровне транзисторов аналоговых блоков остается не автоматизированным, в отличие от моделей цифровых блоков, временные затраты на разработку аналоговых блоков во многом превосходят затраты на проектирование цифровых блоков.

Целью работы является сокращение времени проектирования цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП) за счет автоматизации процесса создания модели аналогового блока на уровне транзисторов из его поведенческой

модели на языках HDL AMS.

В работе рассматривается методика автоматизированного синтеза и размещения компонентов ЦАП в программной среде Cadence Virtuoso. Методика включает: синтаксический анализ поведенческой модели: определение входных, выходных портов и переменных; сопоставление переменных поведенческой модели с технологической библиотекой фабрики изготовителя; определение структуры устройства и размещение компонентов. На основе методики были разработаны программные средства на языке C++ и SKILL, которые переводят модель на языке Verilog AMS в схемотехническую модель программной среды Cadence Virtuoso. Пример результата работы программных средств на основе предложенной методики представлен на рисунке 1.

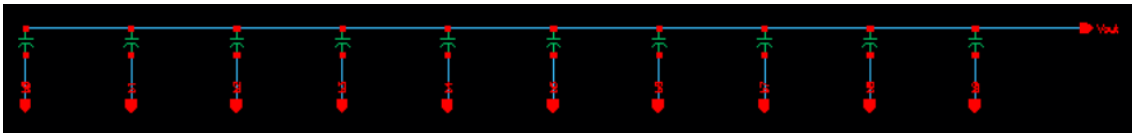


Рис.1. Схемотехническая модель 10-разрядного емкостного ЦАП, полученная в результате автоматизированного синтеза

Одним из промежуточных результатов работы программных средств является список переменных и информация о сопоставлении их с элементами технологической библиотеки фабрики-изготовителя, которую разработчик может модифицировать в процессе синтеза.

Предложенная методика была использована при проектировании ЦАП на переключаемых конденсаторах АЦП последовательного приближения интегральной схемы для микромеханического акселерометра. Методика позволяет сократить временные затраты на проектирование и определение параметров ЦАП.

Работа проводилась при поддержке гранта РФФИ № 16-08-00640.

Список литературы:

1. Хабаров П. С. и др. Проектирование сложнофункциональных блоков смешанного сигнала на основе субмикронной технологии на примере микросхемы видеодекодера. Ч. 1. Конструкция и топология микросхемы // Вестник СибГУТИ. 2011. — №2. С. 23-34.

2. Компания Cadence Design Systems. Замечания к программной среде. Создание аналоговых поведенческих моделей. [Creating Analog Behavioural Models: Verilog-AMS Analog Model ling] [Электронный ресурс] // 2003. Февраль. URL: http://www.lumerink.com/courses/ECE614/Handouts/CDN_Creating_Analog_Behavioral_Models.pdf (дата обращения 01.02.2017)

3. О'Риордан Д., О'Салливан К. [O'Riordan D., O'Sullivan C.]. Mixed Signal Design & Verification Methodology for Complex SoCs [Электронный ресурс] // URL: http://www.design-reuse.com/articles/33499/mixed-signal-design-verification-methodology-for-complex-socs.html (дата обращения 01.02.2017).

Адаптивный алгоритм оценки движения в задачах сжатия видеоданных

Нгуен Ван Чыонг

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО)

Оценка движения (Motion Estimation — ME) и компенсация движения (Motion Compensation — MC) — два основных процесса в кодировании видеоданных на основе блоков. Алгоритмы ME находят наилучшее положение блока соответствия (вектор движения) в предыдущих (или будущих кадрах) для каждого блока в текущем кадре видео, в то время как MC генерирует компенсированные кадры с помощью этих векторов движения. При этом именно ME является самой сложной и трудоемкой стадией. Отчасти это связано с размером блока ME и множеством опорных кадров. Оба этих фактора приводят к тому, что алгоритмы ME затрачивают большую часть времени кодирования (выше 80% объема вычислений). Эффективные алгоритмы могут существо снизить как вычислительные затрат, так и временные потери. В данной работе рассмотрен алгоритм TZS (Test Zone Search) [1].

Алгоритм TZS в справочнике программного обеспечения HM (HEVC Test Model) представляет собой быстрый гибридный алгоритм поиска. Алгоритм состоит из следующих стадий:

1. Запуск центра поиска: Установить набор предсказанных векторов движения, в том числе вектор движения, полученный от среднего прогноза (медианный вектор); левый; верхний и право-верхний вектора в соответствующем блоке опорного кадра; и вектор движения в точке (0,0) положения. Выберите точку, которая имеет наименьшую погрешность соответствия (MBD) в качестве центра поиска следующей стадии.

2. Ромбический (DS) или Шестиугольный поиск (HS): Выполнить поиск с шаблоном размерности от 1 до 64 двукратно, если длина поиска равна 64.

3. Растровый поиск (Raster Search — RS): Если расстояние (L) между оптимальной точкой, полученной на стадии 2, и текущем центром поиска

является оптимальным расстоянием (равно 0), то остановим поиск. Если $L > R$ (предопределенное пороговое значение), которое устанавливается соответствующим образом, то выполняем RS и значение R используется в качестве его длины шага; в противном случае, перейти к стадии 4.

4. Растровое рафинирование: Установить оптимальную точку из стадии 3 в качестве начальной точки. Повторите 8-и точечный поиск DS или HS с диной поиска равно $L_3/2$ (L_3 – расстояние L, полученное в стадии 3) до сих пор пока L не является оптимальным.

Алгоритм TZS имеет ряд достоинств, в т.ч. избежание от локального минимума, достижение высокой степени сжатия. Но он тоже содержит недостатки, самый главный из которых — это большой объем вычислений из-за большой размерности шаблона поиска DS (или HS) и растрового поиска.

Для устранения недостатков существующего алгоритма предлагается следующий алгоритм, который включает в себя алгоритм TZS и иерархический поиск MP [2].

В проведенном эксперименте будем сравнивать предложенный алгоритм с традиционным алгоритмом TZS, использованным в HM по следующим критериям: вычислительная сложность и качество сжатия. Критерий «вычислительная сложность» предлагаемого алгоритма может уменьшиться на 6% до 12% по сравнению с традиционным алгоритмом TZS. Критерий «качество сжатия» оценивается путем сравнения покадрового коэффициента PSNR видеопоследовательности, показанного на рис.

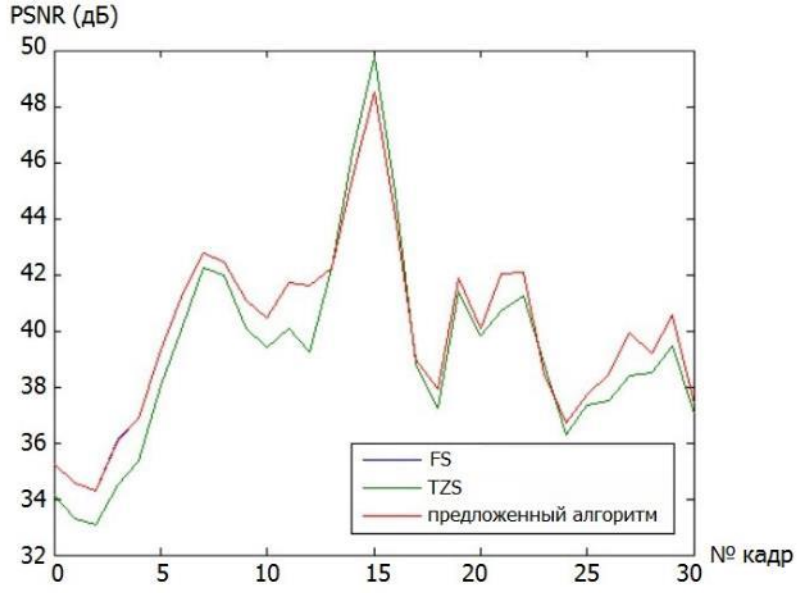


Рис. Покадровый коэффициент PSNR тестового видео

Экспериментальные результаты показали, что предлагаемый алгоритм работает быстрее, при этом коэффициент PSNR немного уступает по сравнению с другими методами. В дальнейшем исследовании требуется улучшение коэффициента PSNR для предлагаемого алгоритма.

Список литературы:

1. Пурначанд Н., Алвес Л. Н., Наварро А. [Purnachand N., Alves L. N., Navarro A.] Fast motion estimation algorithm for HEVC // 2012 IEEE Second International Conference on Consumer Electronics — Berlin (ICCE-Berlin). — 2012. — С. 34-37.
2. Нгуен Ван Чыонг, Тропченко А.А. Иерархический адаптивный алгоритм шаблонного поиска для оценки движения при анализе видеопоследовательности // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. — 2016. Т. 16. № 3. — С. 474-481.

Повышение надежности блоков интегральной схемы

Н.Н. Невирковец[1,2], Я.В. Беляев[1,2], А.А. Михтеева[2]

[1]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

[2]АО "Концерн "ЦНИИ "Электроприбор"

Миниатюризация и повышение требований к электронным устройствам ускорили развитие интегральных технологий, в частности, систем на кристалле (СнК). Особенно актуальным и востребованным является проведение российских разработок собственных интегральных схем (ИС).

Для получения конечной ИС, полностью удовлетворяющей техническим требованиям, как правило, необходимо выполнить целый ряд запусков на кремниевой фабрике [1], что влечет за собой большие расходы денежных средств, как на изготовление, так и на проектирование. Для уменьшения издержек на производство ИС на этапе проектирования необходимо свести к минимуму риски возникновения всевозможных ошибок.

Целью данной работы является разработка методики для снижения вероятности возникновения ошибок при проектировании цифровых и смешанных блоков, а также идентификации технологических ошибок. Методика включает в себя: анализ поведенческой модели устройства с целью выявления критических блоков; имплементацию цифровой части ИС в программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС); проведение статического временного анализа; разработку блоков для тестирования изготовленной ИС. Данная методика применена при разработке ИС для

микромеханического акселерометра (ММА) с использованием САПР Cadence и ПЛИС фирмы Altera.

Традиционный маршрут проектирования цифровых ИС состоит из следующих этапов [2]: проектирование на уровне регистровых передач; на уровне логических вентилей; разработка и верификация топологии.

На уровне регистровых передач зачастую возникают функциональные ошибки, которые разработчик может исправить путем проведения прямых и случайных тестов с последующей корректировкой описания модели устройства, использовании информации о покрытии [3]. Для больших ИС, имеющих в своем составе десятки блоков, требуется более серьезный подход к разработке тестового окружения, который включает себя генератор тестов, агента, управляющее устройство, монитор и систему проверок, выполняющую формальную верификацию [3,4].

На следующем уровне логических вентилей проводится синтез поведенческих моделей блоков, который генерирует цепь соединений логических ячеек из библиотеки фабрики-изготовителя. Возможны ошибки связанные с неправильным построением списка соединений вследствие неверного задания параметров ограничений: частоты и дребезга тактового сигнала, времени установки и удержания сигнала, паразитных емкостей, нагрузки на выходные порты, условий эксплуатации, напряжения питания и другие. Поэтому на данном этапе требуется максимально формализовать технические требования к ИС, так как для более жестких условий САПР увеличивает количество ячеек, которые уменьшают быстродействие и увеличивают площадь кристалла, однако, положительно сказываются на надежности устройства.

Помимо традиционной верификации с помощью тестового окружения следует использовать различные программно-аппаратные средства, в том числе ПЛИС. Это позволяет избежать ошибок, которые возникают вследствие некорректного синтеза, когда САПР чрезмерно оптимизирует некоторые регистры. В докладе представлены результаты тестирования чипа ИС ММА и тестирования цифровой части на ПЛИС.

На последнем этапе проектирования выполняется размещение ячеек на кристалле и выполняется автоматическая трассировка с использованием файла ограничений, в котором содержится информация о размерах кристалла, построении древа тактовых сигналов, размещении цепей питания, выводах. На данном этапе следует выполнять статический временной анализ, который

заключается в моделировании топологии с экстракцией паразитных параметров, которые были сгенерированы САПР с учетом всех заданных разработчиком ограничений. Временной анализ позволяет обнаружить ошибки в виде задержек, в том числе с учетом моделей контактных площадок. По предложенной методике проведен временной анализ цифровых блоков ИС для ММА, результаты которого приведены в докладе.

Как правило, аналоговые и цифровые блоки проектируют и верифицируют отдельно [1]. Это приводит к возможности возникновения ошибок при их объединении в единую СнК. Проблему можно решить путем проведения моделирования списка соединений после выполнения этапа разработки топологии ИС в Cadence Virtuoso, что не предусматривается в традиционном маршруте проектирования ИС. Это позволяет наиболее точно проверить поведение всей системы с учетом spice-моделей ячеек библиотеки стандартных ячеек. Кроме этого, возможно проведение моделирования изменения сигналов на выходах ИС с учетом моделей контактных площадок и подключения внешних элементов, например, резисторов. На рис. 1 представлен результат выполнения моделирования передачи пакета данных для ИС ММА по интерфейсу I2C в среде Cadence Virtuoso, где V3 — начало передачи, а V4 — конец. На рис.1 следует обратить внимание на сигналы SCK и SDA, которые нарастают вследствие подтяжки к питанию через резистор с сопротивлением 10 кОм. Таким образом, моделирование в Cadence Virtuoso позволяет выполнять верификацию смешанных блоков, позволяя устранить ошибки на стыке цифровой и аналоговой частей ИС.

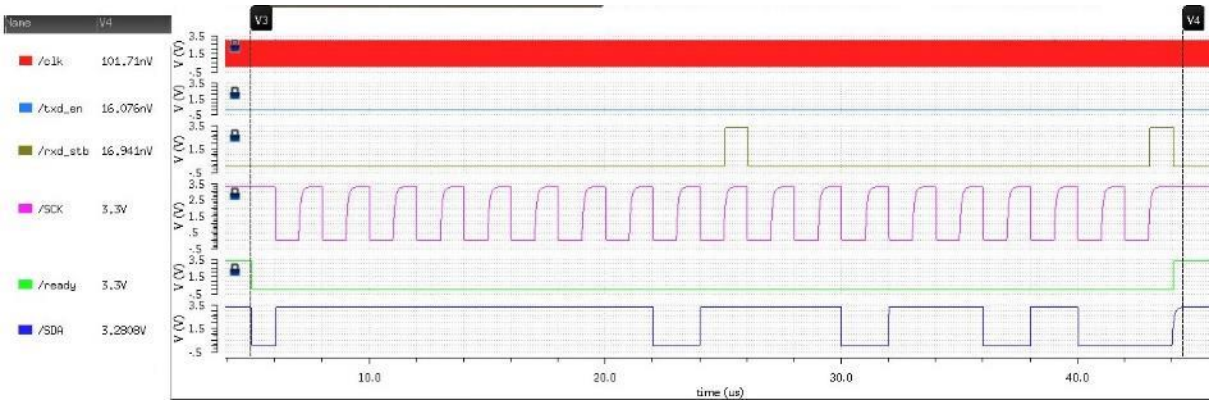


Рис.1. Результат моделирования приема посылки ИС ММА по интерфейсу I2C

Однако, моделирование цифровой части с использованием моделей на уровне транзисторов требует весьма значительных вычислительных ресурсов. Для моделирования работы интерфейсного блока ИС ММА на отрезке

длительностью 150 мкс потребовалось более 120 Гб оперативной памяти и 7,5 часов работы двух процессоров сервера. Количество процессоров, которые возможно задействовать для решения задачи, определяется лицензионным соглашением. Таким образом, из-за больших аппаратных затрат данную методику целесообразно применять для небольших критически важных частей ИС, в частности, на стыке цифровых и аналоговых блоков.

К сожалению, часть ошибок невозможно полностью предотвратить разработчику ИС, так как они связаны особенностями технологии изготовления ИС, например, технологическим разбросом ширины транзисторов. Для упрощения выявления ошибок, связанных с технологическими дефектами следует применять технологию для тестирования интегральных схем DFT (англ., Design for testing). Данная технология на этапе синтеза добавляет к спроектированному устройству некоторую тестовую конструкцию, которая позволяет упростить разработку методики тестирования и процесс выявления технологических ошибок [5]. В работе приведена методика применения технологии тестирования интегральных схем, проанализированы результаты выполнения синтеза с применением DFT, а также приведены результаты моделирования спроектированного устройства.

В ходе выполнения работы была предложена методика повышения надежности интегральной схемы для микромеханического датчика путем уменьшения вероятности ошибок в цифровых и смешанных блоках, который был использован при разработке ИС для микромеханического акселерометра. Сформулированы рекомендации по созданию блоков DFT для тестирования ИС с целью выявления технологических ошибок, допущенных при производстве, рекомендации по проектированию цифровых и смешанных блоков СнК в САПР Cadence. Приведены результаты моделирования и верификации блоков ИС для микромеханического акселерометра.

Работа проводилась при поддержке гранта РФФИ № 16-08-00640.

Список литературы:

1. Рабаи Ж.М. Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования, — 2-е издание. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. — 911 с.

2. Аникина А.А., Костыгов Д.В., Невирковец Н.Н. Маршрут проектирования цифровых блоков для специализированных интегральных схем — В кн: 69-ая научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава университета — М.: СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2016 — С. 121-126.

3. Точчи Р.Дж., Уидмер Н.С. Цифровые системы. Теория и практика. — 8-е издание: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. — 1024 с.

4. Грушвицкий Р. И., Мурсаев А. Х., Угрюмов Е. П. Проектирование систем на микросхемах программируемой логики. БХВ-Петербург 2002. — 608 с.
5. Ben-Gal I., Herer Y. and Raz T. «Self-correcting inspection procedure under inspection errors». — IIE Transactions on Quality and Reliability, 2003, с. 529-540.

Разработка встраиваемой конфигурации «Управление рекламными кампаниями» на базе технологической платформы «1С: Предприятие»

А.В. Никитин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

На сегодняшний день контекстная реклама является одним из самых эффективных инструментов по обеспечению посещаемости сайта целевыми посетителями (т. е. потенциальными потребителями, которые заинтересованы в приобретении товаров и услуг, представленных на продвигаемом сайте). Главное преимущество контекстной рекламы — возможность привлечь довольно много потенциальных клиентов с первого дня работы сайта. Передовым инструментом в России для размещения контекстной рекламы является сервис Яндекс.Директ.

В то же время для ведения управленческого учета работы своего бизнеса в России используют прикладные решения, разработанные фирмой «1С». Они являются самыми доступными и популярными в сфере автоматизации предприятий и бизнеса.

У многих фирм, ведущих свой оперативный и управленческий учет на продуктах компании 1С, так же есть свои сайты, в т. ч. интернет-магазины, в которых представлены их товары и услуги. Используя сервис Яндекс.Директ они ведут рекламные кампании, направленные на продвижение своей продукции. Ценообразование на продукцию происходит в системе «1С», а затраты на ее рекламу порой составляют до 70% себестоимости. Поэтому для правильного подсчета себестоимости продукции необходимо иметь в системе информацию об этих затратах в разрезе номенклатурной позиции. Однако сбор и перенос этой информации в систему 1С весьма затруднителен. Поэтому, фирмы часто делят общие затраты на рекламу между номенклатурами, полагаясь на приблизительную оценку того, сколько средств ушло на продвижение конкретной позиции. Это может привести и приводит к несоответствию спроса и предложения.

Разрабатываемая конфигурация «Управление рекламными кампаниями» (далее — «КУРК») позволит фирмам удобно и эффективно вести рекламные кампании и управлять предложением товаров и услуг.

Для реализации КУРК используется программный интерфейс сервиса Яндекс.Директ. С его помощью пользователи смогут проводить управление рекламными кампаниями прямо из приложения «1С». Появляется возможность настраивать автоматические стратегии показа объявлений, отличные от тех, которые предлагает веб-интерфейс сервиса Яндекс.Директ.

Для подбора ключевых фраз, по которым будут показаны объявления, в КУРК производится интеграция с сервисом Яндекс.Вордстат. Он показывает статистику запросов на Яндексе, включающих заданное пользователем слово или словосочетание. Помимо существующих возможностей веб-интерфейса Яндекс.Вордстата, добавляются следующие:

- автоматический подбор ключевых слов для каждой позиции справочника номенклатуры;
- возможность задать отбор для получаемых ключевых фраз (например, по диапазону частотности запроса или количеству слов).

Возвращаясь к проблеме спроса и предложения, в КУРК будет предусмотрена возможность интеграции номенклатурного справочника «1С» со страницами сайта конкретной фирмы. Благодаря чему в систему «1С» будет автоматически загружаться актуальная информация в разрезе номенклатурных позиций о том, сколько покупок совершили посетители сайта, попавшие на него через объявление.

Таким образом, разрабатываемая конфигурация предназначается для фирм, которые используют систему программ «1С» для ведения управленческого учета. КУРК упростит и усовершенствует управление рекламными кампаниями в Яндекс.Директ. А также поможет эффективно распределять расходы на рекламу и получать корректные добавочные суммы, связанные с затратами на рекламу, к себестоимостям продукции.

Список литературы:

1. Архитектура платформы 1С:Предприятия 8 [Эл. ресурс] // Справочная информация фирмы «1С». URL: http://v8.1c.ru/overview/Platform.htm (дата обращения: 04.02.2017).
2. Что такое Яндекс.Директ [Электронный ресурс] // Справочная информация Яндекс. URL: https://yandex.ru/support/direct-light/?lang=ru/ (дата обращения: 12.02.2017).

Алгоритмы реализации потокобезопасных АВЛ-деревьев без использования блокировок

А. Р. Омельниченко, А. А. Пазников

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)

Эффективность использования мультипроцессорных вычислительных систем существенным образом зависит от синхронизации параллельных потоков при доступе к глобальным структурам данных. В настоящее время при разработке параллельных программ для вычислительных систем с общей памятью активно развиваются модели, алгоритмы и программное обеспечение без использования блокировок (lock-free) [1]. Преимуществами такого подхода являются масштабируемость, меньшее время простоя потоков, отсутствие взаимных блокировок (deadlock) и зацикливаний (livelock). Высокая скорость выполнения операций на структурах с неблокирующей синхронизацией [2] не является приоритетным качеством, существующая гарантия продвижения системы в целом куда важнее.

Двоичным деревом поиска [3] называется дерево, все вершины которого упорядочены. У каждой вершины есть максимум два потомка. ДДП позволяет выполнять следующие основные операции: поиск вершины по ключу, определение вершин с минимальным и максимальным значением ключа, вставка и удаление вершины. Бинарные (двоичные) деревья поиска являются одной из самых востребованных структур данных. Они могут применяться для построения баз данных, сортировки, вычисления арифметических выражений, кодирования и др.

В данной работе для реализации lock-free алгоритмов было выбрано АВЛ-дерево [4], являющееся двоичным деревом поиска, в котором для каждой вершины высота ее поддеревьев различается не более чем на 1.

Разработаны алгоритмы реализации бинарного АВЛ–дерева без использования блокировок. Реализация потокобезопасных АВЛ-деревьев в дальнейшем упростит работу с такими абстрактными структурами данных, как ассоциативные массивы [5], множества, мультимножества.

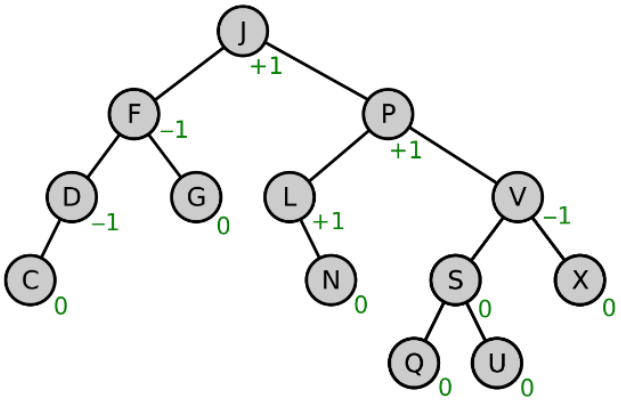


Рис.1. Сбалансированное АВЛ–дерево. У каждой вершины есть характеристика, показывающая, какое из поддеревьев больше по высоте

В докладе представлены описания алгоритмов вставки, добавления и удаления элементов для созданного АВЛ-дерева. Также приведены результаты натурных экспериментов на многоядерной вычислительной системе и рекомендации по использованию структуры данных. Проведен сравнительный анализ созданной структуры данных с аналогичной потокобезопасной структурой на основе блокировок.

Список литературы:

1. Уильямс Э. [Williams A.] C++ Concurrency In Action Practical Multithreading. — New York: Manning Publications, 2009. — 337 с.

2. Херлихи М. [Herlihy M.], Шавит Н. [Shavit N.] The Art of Multiprocessor Programming. — New York: Morgan Kaufmann, 2008. — 508 с.

3. Бапи Ч. [Bapi C.] , Нхан Н. [Nhan N]. Филлипас Т. [Philippas T.] Efficient Lock-free Binary Search Trees [Электронный ресурс] // 2014. 12 апреля. URL: https://arxiv.org/abs/1404.3272.

4. Аделяр С. [Adelyar S.]. The Complexity of Splay Trees and Skip Lists [Электронный ресурс] // 2008. Май. URL: http://etd.uwc.ac.za/xmlui/handle/11394/2465.

5. Конинг А. [Koenig A.] Associative arrays in C ++. — New Jersey: AT&T Bell Laboratories, 2007. — С. 12.

Разработка системы вебинаров для мобильной платформы Android

Д.В. Паничев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

В современном мире одним из перспективных способов получения дополнительного образования является дистанционное обучение. Его преимуществами, относительно личных встреч с преподавателем, являются:

низкая стоимость проведения обучения, сокращение времени на обучение, независимость от географического положения учащихся. Теми же преимуществами обладает самостоятельное обучение, но оно лишено одного из самых важных аспектов эффективного обучения — обратной связи с преподавателем.

В настоящее время все больше и больше пользователей предпочитают для повседневных дел использовать планшеты и смартфоны, ввиду их дешевизны и большей мобильности, в отличие от настольных ПК и ноутбуков. Использование этих преимуществ делают мобильные устройства идеальной платформой для запуска на них сервисов дистанционного обучения.

Целью моей работы было создание программного комплекса, который способен организовать удобный процесс обучения и обеспечить обратную связь между учащимися и преподавателем. Обучение производится посредством транслирования лектором видео учащимся.

В ходе разработки программного комплекса необходимо было решить три задачи: способ взаимодействия пользователя со списком предложенных ему вебинаров, возможность лектора передавать информацию посредством видеотрансляции, сделать эту передачу нетребовательной к ресурсам ПК и пропускной способности сети преподавателя.

В качестве связующего элемента между учащимися и преподавателями выступает мобильное приложение на платформе Android [1]. Работа с приложением выглядит следующим образом. Преподаватель создает блок уроков, объединенный темой. Пользователь фильтрует список вебинаров и подписывается на те, которые ему интересны. На странице вебинара есть информация о лекторе, сроках проведения, а также возможность перехода в раздел обсуждений данного семинара. Если пользователь подписался, когда семинар уже идет, то ему будет предложено посмотреть записи пропущенных занятий. Просмотр записей, а также онлайн-трансляций можно производить, как в самом приложении, так и в браузере, установленном на ПК. Под каждым видео находится онлайн-чат, в котором пользователи могут писать интересующие вопросы лектору и общаться. Также для осуществления обратной связи, преподаватель имеет возможность создавать опросы слушателей.

Для трансляции видео с ПК лектора в сеть была разработана программа, функционирующая следующим образом. После ее установки на ПК,

преподаватель из списка своих лекций выбирает, ту, которую он хочет вести в данный момент. Программа позволяет транслировать изображение с рабочего стола или камеры, подключенной к компьютеру, а также комбинировать изображения с них. Пересылка видео осуществляется с помощью библиотек ffmpeg [2].

Чтобы снизить нагрузку с ПК преподавателя, в рамках разработанного сервиса, на удаленную машину под управлением Windows Server 2012 был установлен сервер потокового видеовещания Icecast2 [3]. Это подразумевает то, что сначала ПК лектора отсылает видео на сервер, а с сервера видеопоток отсылается слушателям.

Разработанный программный комплекс представляет собой законченный продукт, обеспечивающий проведение дистанционного обучения. Реализация интерфейса взаимодействия пользователя с вебинарами на платформе Android сильно повышает мобильность учащихся, что является важным критерием эффективности дистанционного обучения.

Список литературы:

1. Develop Apps // Android Developes. URL: https://developer.android.com/ develop/ index.html (дата обращения: 22.02.2017).
2. Documentation // ffmpeg. URL: https://ffmpeg.org/documentation.html (дата обращения: 22.02.2017).
3. Documentation and Information // Icecast. URL: http://icecast.org/docs/ (дата обращения: 22.02.2017).

Исследование свойств дискретных операторов при компьютерном моделировании системы Томаса

А. О. Савельев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Теория детерминированного хаоса является одним из центральных направлений исследований в нелинейной динамике. В качестве отдельной области, вызывающей пристальный интерес прикладных математиков, можно выделить численное моделирование хаотических систем. В ряде работ [2, 3] отмечается, что свойства конечно-разностных моделей хаотических динамических систем существенно зависят от применяемого типа дискретного оператора. Авторы статей [3, 4] вводят в рассмотрение новый класс дискретных интегрирующих операторов — полуявные и полунеявные методы

численного интегрирования — обладающие рядом прогрессивных свойств при моделировании хаотических динамических систем. В частности, анализ бифуркационного поведения конечно-разностных моделей, полученных указанными методами, показал большую степень адекватности в поведении полуявных моделей и непрерывных прототипов, чем в случае использования классических методов. В то же время стоит отметить, что авторы [2, 3, 4] анализируют бифуркационные h-диаграммы лишь для системы Рёсслера, не являющейся симплектической и симметричной. Анализ свойств симметричных методов же целесообразно производить на системах близких к таковым. Система, предложенная Р. Томасом [1] существует как в симплектическом, так и в диссипативном варианте, что дает возможность оценить влияние симметричности используемого метода на свойства дискретной модели. Целью работы является сравнительный анализ свойств симметричных и несимметричных численных методов при моделировании хаотических динамических систем. Объектом исследования выступают дискретные модели хаотической системы Томаса, предметом исследования — фазовые и бифуркационные характеристики данных моделей.

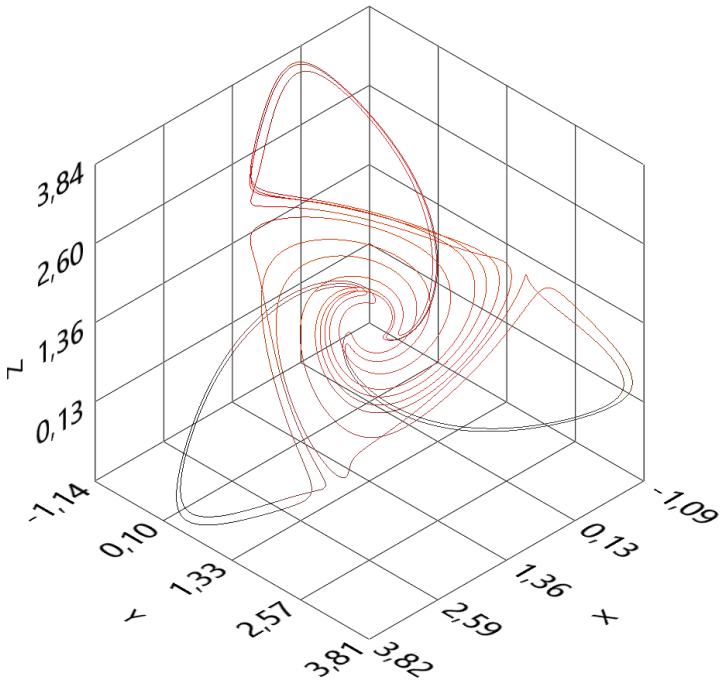


Рис. 1. Пример траектории рассматриваемой хаотической системы, полученный с помощью D-метода с шагом симуляции $h = 0.0005$

В работе исследуются свойства классических численных методов

интегрирования (Эйлера, Кромера, явной средней точки) и альтернативных дискретные операторов интегрирования (методы D и CD) на примере решения ОДУ, описывающих систему Томаса. В качестве инструмента повышения порядка точности интегрирования используется экстраполяция Ричардсона. В ходе работы были получены и проанализированы бифуркационные и шаговые диаграммы для моделей, построенных с помощью как классических, так и альтернативных методов.

Список литературы:

1. Thomas R. Deterministic chaos seen in terms of feedback circuits: analysis, synthesis, «labyrinth chaos» // International Journal of Bifurcation and Chaos. — 1999. — Vol. 9. — No. 10. — P. 1889-1905.
2. Butusov D.N., Andreev V.S., Pesterev D.O. Composition semi-implicit methods for chaotic problems simulation // Proceedings of the 19th International Conference on Soft Computing and Measurements — 2016. — art. no. 7519698. — pp. 107-110.
3. Butusov D.N., Karimov A.I., Tutueva A.V. Symmetric extrapolation solvers for ordinary differential equations // Proceedings of the 2016 IEEE North West Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference. — 2016. — art. no. 7448145 — pp. 162-167.
4. Butusov D.N., Karimov A.I., Andreev V.S. Computer simulation of chaotic systems with symmetric extrapolation methods // Proceedings of International Conference on Soft Computing and Measurements — 2015 — art. no. 7190416 — pp. 78-80.
5. Бутусов Д.Н., Каримов А.И., Каримов Т.И. Аппаратно-ориентированные численные методы интегрирования // СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — 2016. — 192 с.

Разработка платформенно-независимой системы формирования контуров для 3D моделирования медицинских объектов

М.А. Сиднев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Наряду с увеличением средней продолжительности жизни и урбанизацией, в силу проблем с экологией и малой физической активностью увеличивается количество заболеваний и патологий опорно-двигательного аппарата, например, заболевания крупных суставов (тазобедренного, коленного, плечевого) и позвоночника. Деструктивно-дистрофические заболевания суставов получили широкое распространение. Например, в

Санкт-Петербурге частота заболеваний крупных суставов составляет 353,3 случая на 10000 жителей [1]. Наиболее распространенным и эффективным методом лечения данных видов патологии является эндопротезирование, претерпевшее за последние десятилетия существенное изменение и являющееся на сегодняшний день востребованным высокотехнологичным методом лечения. Для выполнения эндопротезирования необходимо спроектировать и изготовить эндопротез, с учетом индивидуальных особенностей пациента. Таким образом, встает вопрос о создании системы способной на основании данных компьютерной томографии строить трехмерную модель объекта (кости или сустава), а также производить манипуляции с трехмерными моделями и рассчитывать физические свойства возможного конечного продукта. Желательно чтоб подобная система не зависела от платформы, что позволит использовать ее на устройствах с разной операционной системой.

Преимущества применения специализированных программных средств очевидны:

- на основе результатов расчета можно делать выводы о работе эндопротеза и его влиянии на кость и тем самым отказаться от дальнейшего рассмотрения очевидно бесперспективных конструкций;
- появляется возможность быстро корректировать форму компонентов устройства для улучшения его функциональных характеристик;
- отпадает необходимость изготовления опытных образцов устройств;
- тотально сокращается стоимость и время разработки устройства.

В настоящий момент имеются разработки в данном направлении: DICOM Viewer, 3D Slicer, Mimics (Materialise), Seg3D. Среди данных систем есть как коммерческие проекты, так и проекты с открытым исходным кодом. Однако функционал данных систем ограничивается лишь построением 3D моделей. Хотя воссоздание модели осуществляется достаточно просто, полученная фасетная модель зачастую содержит различные коллизии в узлах, которые необходимо исправить вручную. Кроме того, полученный результат необходимо куда-то экспортировать, для дальнейшего анализа и здесь возможны ошибки конвертации из формата в формат. Для дальнейшего анализа, чаще всего, применяются многофункциональных машиностроительных САПР, такие, например, как Ansys. С учетом сказанного разработка системы автоматизированного проектирования биомедицинских объектов является актуальной задачей, имеющей большое теоретическое,

практическое и социально-экономическое значение.

В докладе предлагается разработка и реализация системы формирования контуров для 3D моделирования медицинских объектов. Система является составной частью САПР BoneImplant (версия-3) [2], обеспечивающей реализацию сквозного цикла процедур моделирования, проектирования и изготовления анатомически адаптированных индивидуальных конструкций эндопротезов для конкретного пациента, начиная с построения STL-модели по томограмме медицинского объекта и заканчивая печатью итоговой модели индивидуальной конструкции в соответствующем материале.

Список литературы:

1. Тихилов Р. М. Организационно-методическая работа по созданию и развитию травматологической службы Санкт-Петербурга / Тихилов Р. М., Воронцова Т. Н., Лучанинов С. С. — Литография. — 2009. — 373 с.

2. Dmitrevich G. D., Markov M. V., Nguyen N. M. Biomechanical Cad System in Revision Arthroplasty. Proceeding of International Conference on Soft Computing and Measurements SCM'2015. May 19-21, 2015. St. Petersburg. 2015. V.2 DOI: 10.1109/SCM.2015.7190445. (Регистрация в Scopus, январь 2016; Code 116796).

Анализ эффективности реализации потокобезопасных ассоциативных массивов на основе транзакционной памяти

В. А. Смирнов, А. А. Пазников

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Синхронизация доступа к разделяемым ресурсам является одной из важных и сложных задач при разработке параллельных алгоритмов для многопоточных программ. Используя примитивы синхронизации (семафоры, мьютексы и др.), программист должен обеспечить не только корректность программы — отсутствие взаимных блокировок и состояний гонок за данными (data race), но и минимизировать время ожидания доступа к критическим секциям (разделяемым ресурсам).

Классические методы синхронизации, основанные на механизме блокировок, позволяют создавать в коде программы критические секции, выполнение которых возможно только одним потоком в каждый момент времени [1].

Целью данной работы является анализ эффективности реализации потокобезопасных ассоциативных массивов на основе программной

транзакционной памяти. На сегодняшний день транзакционная память является одним из наиболее перспективных механизмов синхронизации. Транзакционная память упрощает параллельное программирование, выделяя группы инструкций в атомарные транзакции — конечные последовательности операций транзакционного чтения/записи памяти.

Изменения, вносимые потоком внутри транзакционных секций, незаметны другим потокам, пока транзакция не будет завершена. То есть другие потоки наблюдают состояние либо непосредственно до, либо непосредственно после выполнения транзакции.

Помимо отсутствия блокировок, к преимуществам программной транзакционной памяти можно отнести относительную простоту использования. К недостаткам данного механизма синхронизации относится ограниченность применения — в транзакции нельзя выполнять операции, действие от которых невозможно отменить.

Ассоциативные массивы являются одними из наиболее часто используемых в параллельных программах. В данной работе было реализовано потокобезопасное красно-черное дерево на основе транзакционной памяти. Сбалансированные красно-черные деревья широко применяются при реализации ассоциативных массивов, обеспечивая логарифмический рост высоты дерева от числа узлов и быстрое выполнение основных операций дерева поиска: добавление, удаление и поиск узла. Сбалансированность достигается за счет введения дополнительного атрибута узла дерева — «цвета» [2].

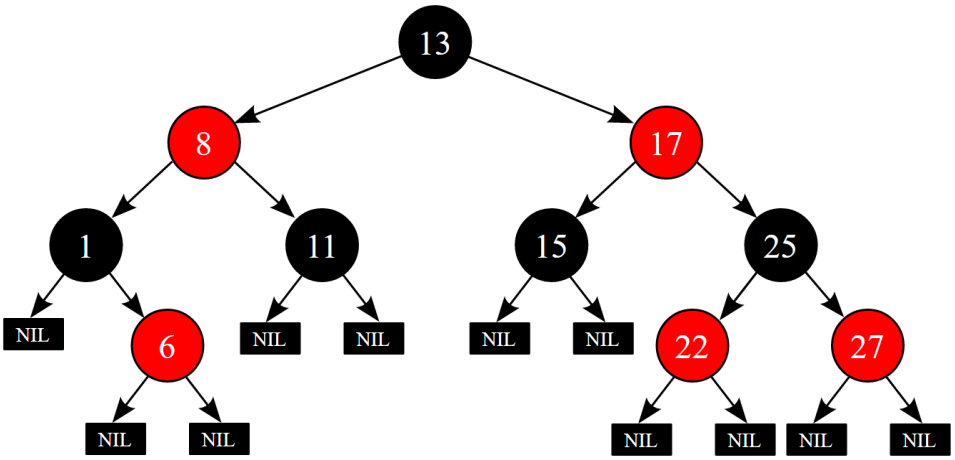


Рис. 1. Пример красно-черного дерева

В докладе будут представлены реализации данной структуры с использованием программной транзакционной памяти. Также будет

представлен анализ эффективности реализаций (ускорение, масштабируемость), будет приведено сравнение с аналогичной реализацией на основе блокировок.

Список литературы:

1. Кулагин И.И., Курносов М.Г. Оптимизация обнаружения конфликтов в параллельных программах с транзакционной памятью // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика. — 2016. — Т. 5; № 4. — С. 46-60.
2. «Red-Black Trees». Introduction to Algorithms / Кормен Т. [Cormen T.], Лейзерсон Ч. [Leiserson C.], Ривест Р. [Rivest R.], Штайн К. [Stein C.]; MIT Press. — 2001. — pp. 273-301.

Использование промежуточных языков представления для упрощения процесса перевода естественного языка в запросы к базе данных

М.А. Стельмах, В.Г. Миснянкин, А.Ю. Кунац, А.В. Костина

Санкт-Петербургский Государственный Электротехнический Университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Бурное развитие технологий способствует тому, что все большее количество людей становятся пользователями различных информационных систем. Но информационные системы, в свою очередь, становятся сложнее: применяются новые архитектурные подходы, используются новые технологии и языки программирования. Часто возникает проблема, что информация в системе есть, но пользовательского интерфейса к ней нет. Поэтому разработка универсального пользовательского интерфейса к базе данных (БД) на естественном языке является актуальной и перспективной.

При построении интерфейса естественно языка к БД, появляются трудности прямого перевода предложения на естественном языке в запрос к БД. Для решения этой проблемы была предложена система промежуточного представления. Ее идея заключается в том, чтобы сначала перевести выражение на естественном языке в логический язык запросов, а затем в язык запросов к БД [1].

Роль элемента промежуточного представления состоит в предоставлении структурированной информации о входящем вопросе для дальнейшего процесса поиска ответа в БД [2].

Логические запросы создаются с помощью синтаксического разбора и модуля семантической интерпретации, который выражает значение

пользовательского вопроса с точки зрения высокоуровневых логических понятий. Логический запрос не ссылается на объекты БД (таблицы, столбцы), тем самым не зависит от ее структуры, и не определяет, как получить необходимую информацию в БД. Для того, чтобы найти информацию, запрошенную пользователем, логический запрос должен быть трансформирован в запрос на некотором языке запросов к БД, который поддерживает система управления базой данных (СУБД). Данное преобразование выполняется с помощью генератора запросов к БД, которое использует отображение информации БД. Архитектура данной системы представлена на рисунке 1.

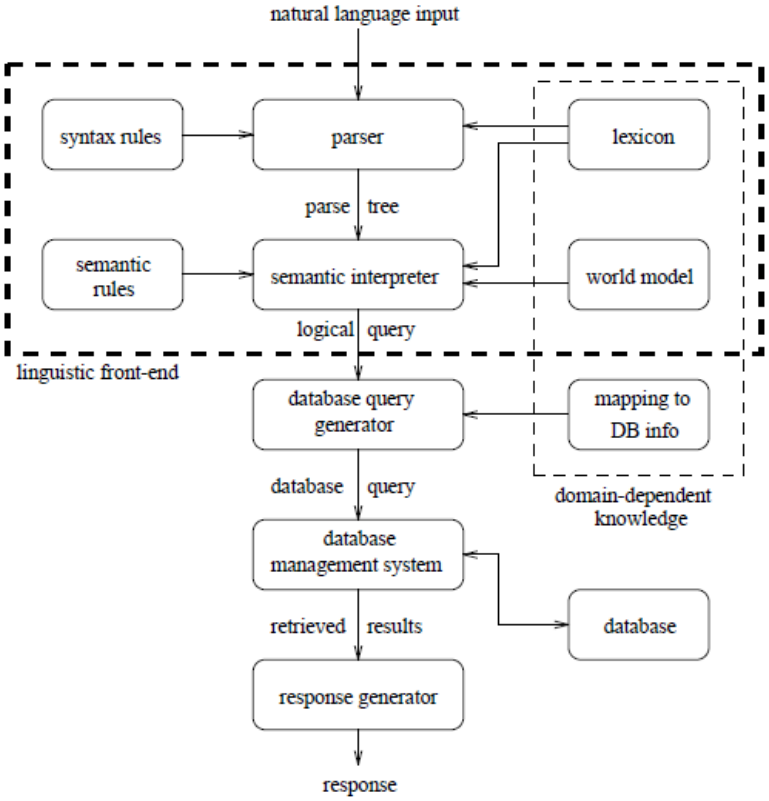


Рис. 1. Архитектура системы на основе промежуточного языка представления

Одним из преимуществ системы на основе языка промежуточного представления является то, что лингвистическая составляющая (часть системы, которая создает логические запросы) не зависит от СУБД. Таким образом, система может быть портирована в различные СУБД (экспертные и операционные системы) путем замены модуля генератора запросов к БД.

Еще одним преимуществом данной архитектуры является то, что область зависимых знаний четко отделена от остальной части фронтенда, тем самым

это позволяет области знаний быть портируемой [3].

Таким образом, данное исследование позволяет понять принцип работы системы на основе языка промежуточного представления и использовать это для построения интерфейса естественно языка к БД. Рассматриваемая тема находит широкое применение в вопросно-ответной системе.

Список литературы:

1. Чандра Ы. [Chandra Y.] Natural Language Interfaces to Databases. — Denton: University of North Texas, 2006. — 62 с.

2. Нгуыен Д. К. [Nguyen D. Q.], Пхам С. Б. [Pham S. B.] Ripple Down Rules for Question Answering. — Amsterdam: IOS Press, 2015. — 17 с.

3. Андроуцопоулос И. [Androutsopoulos I.], Ритчие Г. Д. [Ritchie G.D.], Тханисч П. [Thanisch P.] Natural Language Interfaces to Databases — An Introduction. — Cambridge: Cambridge University Press, 1994. — 43 с.

Использование онтологий для гармонизации различных стандартов

В.Ю. Степанов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПБГЭТУ)

Гармонизация играет важную роль в организациях, которые занимаются решением задач, на различных иерархических уровнях с помощью сложных моделей таких как ГОСТы, стандарты ISO 90003, SWEBOK, и других. Большое разнообразие этих моделей подразумевает не только значительную разнородность структур сущностей процессов, но и терминологические нестыковки. Метод онтологий позволяет описать концепцию, которая дает возможность гармонизировать стандарты, различные модели, контексты и типы документов.

Проблема заключается в том, что различные стандарты могут формулироваться в различных формах. Другими словами, определенный стандарт (исходный стандарт) может подразумевать то же что и другой (целевой), но при этом оперировать совершенно другими терминами для описания. Это приводит к невозможности сопоставления и как следствие интерпретации каких-либо нормативных документов или стандартов.

Для эффективного решения подобных задач применяют метод гармонизации.

Начинать процесс гармонизации можно с извлечения метаданных исследуемых регламентирующих документов. Метаданные могут быть определены как данные о данных, то есть любой вид информации, который так или иначе описывает какую-либо другую информацию. Метаданные в рамках систем управления информацией используются для сопровождения определенных административных операций, включая поиск, отображение итоговых запросов, или конфигурирования интерфейсов. Их содержание включает все типы информации об объекте, начиная с названия, текстового описания и классификации и заканчивая доступностью и контекстными отношениями между описываемым объектом и другими.

В процессе гармонизации метаданные исходного и целевого стандарта приводятся к единому синтаксису или модели. В простейшем случае это можно представить в виде таблицы, в которой элементы стандартов соотносятся друг с другом как один к одному.

Для более перспективных целей и задач этого, конечно же, недостаточно. Чтобы описание было подробнее и глубже необходимо применять онтологическое моделирование, которое даст возможность произвести эффективное метаописание стандартов в виде формальной компьютерной модели, автоматизировать их сопоставления по смыслу с помощью семантического анализа. Применение онтологических описаний в целях гармонизации, подразумевает создание таксономий терминов, их предикативных взаимоотношений. Учитывается семантика концептов предметной области и возможность встраивания онтологий, их связывания и объединения. Цель гармонизации- описать предметную область формально и непротиворечиво.

Так же для описания можно использовать атрибутные КС-грамматики, синтаксические граф-схемы.

Подобные подходы с использованием метаописаний стандартов обеспечат условия их гармонизации на разных направлениях и уровнях. Терминологии и отношения могут уточнятся во время разработки онтологии, что говорит о большой практической ценности данного метода.

Таким образом, необходимость приведения стандартов совершенно различных сфер и уровней к единообразию, прежде всего семантическому, имеет очень высокую значимость.

А значит, формализация и автоматизация этого процесса должны быть главенствующими, а использование эффективно показавшего себя метода

онтологий — приоритетным.

Список литературы:

1. Воробьев В.И., Евневич Е.Л., Левоневский Д.К., Фаткиева Р.Р., Федорченко Л.Н. Исследование и выбор криптографических стандартов на основе интеллектуального анализа документов. Труды СПИИРАН, № 5 (48). — 2016.
2. Атисков, А. Ю. Гибридная адаптивная технология проектирования бизнес-процессов. Труды СПИИРАН. Вып. 4. Под общ. ред. чл.-корр. РАН Р.М.Юсупова. — СПб. — Наука, 2007. — С. 160-168.
3. Атисков А.Ю., Воробьев В.И., Федорченко Л.Н. и др. Theory and Practice of Cryptography Solutions for Secure Information Systems // IGI Global, 701 E. Chocolate Ave. Hershey, PA 17033, USA. Release Date: December, 2012. Copyright © 2012. 402 p. — P.101–13.

Система электронного обучения на открытой платформе ILIAS

Е.А. Татаринова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Ни для кого не секрет, что в настоящее время информационные технологии являются неотъемлемой частью жизни современного человека. Сложно представить себе сферу деятельности, к которой для сбора, приема, обработки, использования или распространения информации нельзя было бы применить средства вычислительной техники. Информационный и технический прогресс не обошел стороной и процесс обучения.

Одним из самых перспективных способов получения дополнительного образования сейчас является дистанционное обучение. На фоне таких преимуществ, как свобода доступа, гибкий график обучения, возможность индивидуального подбора интересующих дисциплин и низкая стоимость образования, по сравнению с очной, любые мыслимые недостатки кажутся незначительными. Именно поэтому большинство ВУЗов (или иных организаций) вводят если не отдельные факультеты дистанционного обучения, то курсы, целью которых является повышение квалификации и уровня подготовки студентов и сотрудников или получение дополнительных знаний. Для поддержки развития данной сферы были разработаны системы электронного обучения.

Платформа ILIAS — пример такой системы управления обучением (LMS). ILIAS развивается с 1998 г., является немецкой платформой

и используется преимущественно в Германии. Она базируется на открытом программном обеспечении. Разработчиками данного проекта предложено добровольное платное членство в сообществе платформы, если пользователь желает участвовать в долгосрочном развитии проекта.

Система использует свободный веб-сервер Apache, что позволяет поддерживать кроссплатформенность, PHP, MySQL, XML.

Важно отменить, что ILIAS имеет полную поддержку SCORM 1.2 и SCORM 2004, главных сборников стандартов и спецификация, разработанных для электронного обучения. Для встраивания внешних приложений используется IML LTI, спецификация для интеграции приложений с системами обучения, что исключает сложность их внедрения и необходимость разрабатывать и поддерживать собственные объединения для каждой платформы.

Перечень возможностей описываемой платформы велик: возможность добавления модулей, изменение дизайна, реализация предпочтительных сценариев обучения, экспорт XML, CSV и Excel, индивидуальная настройка доступа и разрешений каждому пользователю, накопление портфолио и многое другое.

В 2015 году на конференции ILIAS в Дортмунде инженер Кевин Фукс выступил с презентацией о проекте Intuitel.

Этот проект предполагается как плагин, используемый в ILIAS, связанный с Reasoning Engine, другими словами, семантическим мыслителем. Использование редактора контента ILIAS позволяет описывать актуальные рекомендации, связанные с семантическими метаданными, которые постоянно адаптируются к прогрессу обучения. Плагин работает как всплывающее окно в системе ILIAS.

Большое влияние на Intuitel может оказать развитие xAPI, спецификации требований программного обеспечения, позволяющей содержать контент обучения и обучающей системы для развития такого диалога между ними, что все виды накопленного опыта обучения будут записываться и отслеживаться. Полученный опыт записывается в Learning Record Store (LRS). LRS могут существовать в рамках традиционных систем управления обучением, как ILIAS, или по собственному желанию.

Онтология Intuitel принимает во внимание не только спецификацию SCORM, а более продвинутые характеристики учебного плана, такие как

модульная и/или вложенная композиции.

Принцип состоит в следующем: несколько заранее определенных путей обучения, каждый из которых преследует особую дидактическую концепцию и описание онтологической иерархии, сравниваются с наблюдаемым. Отклонения между этими путями могут быть использованы для определения метакогнетивного отзыва об учащемся. На основе этого отзыва система Intuitel вычисляет набор возможных следующих рекомендуемых познавательных шагов по этим различным предопределенным путям обучения. Затем они классифицируются в соответствии с Дидактическими Фактами (Didactic Facts, DFs), так же определенными в онтологической иерархии, чтобы быть (в какой-либо степени) выполнимыми объектами знаний.

На основе обозначенных данных, можно сделать вывод, что система ILIAS — современная и удобная платформа поддержки учебного процесса. Желание и стремление современных инженеров работать на back-ground данной платформы так же говорит о ее надежности и спросе. Ее использование в передовых ВУЗах, включая СПбГЭТУ «ЛЭТИ», повысит интерес к обучению, будет важным компонентом для оценки знаний и навыков.

Список литературы:

1. Henning, P.A., Heberle, F., Fuchs, K., Swertz, C., Schmölz, A., Forstner, A., Zielinski, A.: INTUITEL — Intelligent Tutoring Interface For Technology Enhanced Learning. International Workshop on Perspective Approaches for Learning Environment, 4 pp. (2014).
2. Тезисы конференции ILIAS в Дортмунде http://futurelearning.nl/wp-content/uploads/2015/09/Verslag.pdf (дата обращения: 26.02.2017).
3. Официальный сайт проекта ILIAS https://www.ilias.de (дата обращения 20.02.2017).

Автоматизация теплицы на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi и графического конфигуратора Node-RED

А. С. Харитонов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Сейчас мы находимся в эпоху Интернета вещей (Internet of things, IoT). Кратко данную концепцию можно описать так: увеличение количества устройств, взаимодействующих не только с пользователями, но и друг с другом. «IoT» в применении к автоматизации позволяет создавать системные архитектуры, которые оказываются более экономными, гибкими и эффективными. Цель — бесшовные коммуникации и взаимодействие

с полевым вводом/выводом, включая датчики, исполнительные устройства, анализаторы, приводы, системы машинного зрения, видео, робототехнику, ради повышения производительности и гибкости производства.

В данном докладе рассмотрено применение данной концепции на примере автоматизации управления и наблюдением показаний датчиков на макете теплицы. Идеи, компоненты и программы можно перенести в реальные сельскохозяйственные и частные проекты.

В основе реализации лежит одноплатный компьютер Raspberry Pi, — полноценный компьютер с операционной системой Linux (например, Debian), к которому можно подключить монитор, клавиатуру, мышь, веб-камеру и другие устройства. Также у Raspberry Pi есть Ethernet вход для подключения к сети интернет. Несмотря на скромные характеристики (различаются в зависимости от версии) Raspberry Pi позволяет организовать, например, небольшой веб-сервер, домашний медиа-сервер или трансляцию видео в интернет. В данном случае он выступает в роли сервера, а также собирает информацию с датчиков и выдает сигналы для управления реле с помощью GPIO (низкоуровневый интерфейс ввода-вывода прямого управления) портов.

В качестве среды разработки выступает графический конфигуратор Node-RED. Это open-source продукт IBM и, как написано на сайте, это инструмент, который служит для связи устройств, API и сервисов новыми и интересными способами. Способы эти основаны на использовании графических линий связи, по которым пересылаются сообщения между узлами. Разработка в Node-RED ведется через обыкновенный браузер, само ядро можно запустить на различных платформах — PC, RPi, cloud и т.д.

Node-RED имеет собственную легко настраиваемую инструментальную панель с удобным пользовательским интерфейсом, что позволяет нам выводить показания датчиков с помощью текста, графиков и т.д., и организовать пользовательский интерфейс, включающий различные переключатели, кнопки, текстовые поля.

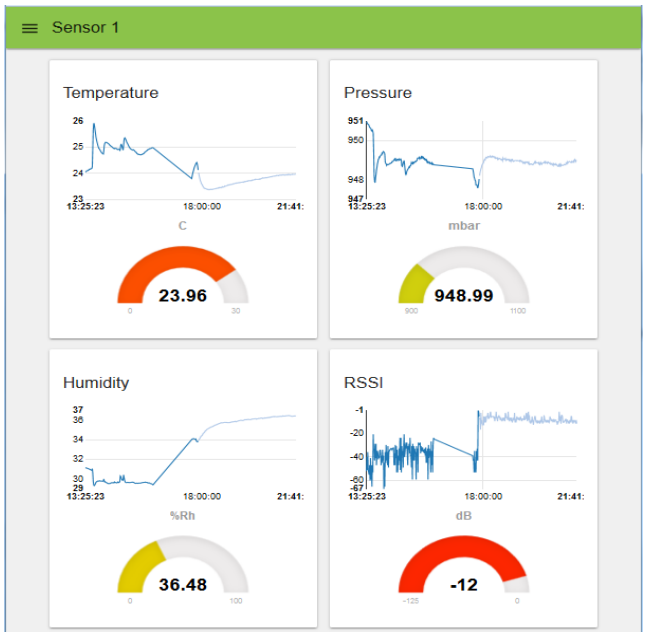


Рис. 1. Пример вывода показаний датчиков на инструментальную панель

Таким образом, предложенная модель реализации автоматизации позволяет настроить управления теплицей без глубоких знаний программирования, а с помощью инструментальной панели следить за показаниями датчиков и вручную вносить корректировки в управление, что реализует концепцию Интернета вещей.

Список литературы:

1. Петин В. А. Микрокомпьютеры Raspberry Pi: практическое руководство. — СПб.: БХВ-Петербург, 2015. — 240 с.

2. Программируем управление освещением по датчикам движения и освещения на Node-RED. [Электронный ресурс] // @lingvo. 2016. 25 августа. URL: https://geektimes.ru/post/279814 (дата обращения 27.02.2017).

Система аутентификации на основе NFC

Н.Н. Шувалов, Н.Н. Жуков

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена

Развитие RFID (Radio Frequency Identification, радиочастотная идентификация) привело к созданию более комплексной технологии NFC (Near Field Communication, «ближняя бесконтактная связь»). По данным компании J`son & Partners Consulting, в более 22% произведенных телефонов поддерживается технология NFC и более половины их владельцев используют эту технологию. Такие показатели достигаются благодаря, в том числе, следующему:

1) Удобство. Устройство с NFC-модулем может быть использовано для

широкого спектра операций. Например, для совершения платежей. Скорость установки соединения при использовании NFC составляет порядка одной десятой секунды.

2) Безопасность. Максимальное расстояние передачи данных составляет не более 4 сантиметров. Это усложняет работу злоумышленнику, так как ему нужно находится практически вплотную к пользователю.

Все это позволяет сделать выводы о благоприятном прогнозе развития данной технологии на рынке.

Большинство компаний часто ставят себе ежемесячную задачу по смене паролей или внедрению более безопасной системы. С другой стороны, большинство малых предприятий до сих пор используют парольную аутентификацию. Основной целью данного проекта является описание безопасной и удобной системы аутентификации. Процедура аутентификации основывается на использовании смартфона с NFC (смартфон можно заменить на любую NFC-метку, например, брелок, карту, кольцо, браслет, бейдж). При внедрении этого продукта в организацию может быть организован (1) контроль времени, проведенного на рабочем месте; (2) беспарольный и удобный доступ в систему. При этом смартфон может быть заменен на NFC-метку и наоборот.

Устройство представляет собой контроллер, помещенный внутрь пластикового корпуса и взаимодействующий с различными модулями (например, с NFC-shield). Этот модуль позволяет записывать и считывать данные на 13,56 МГц частоте. В Памяти устройства записано программное обеспечение системы аутентификации. В первый рабочий день сотруднику присваивается идентификатор, который будет установлен в смартфоне. NFC в смартфоне будет работать в режиме эмуляции метки для передачи данных в контроллер. Это первый фактор аутентификации. Вторым обязательным фактором аутентификации будет приложение генерирующее одноразовый пароль для ввода, например, в личный кабинет на сайте. Вход в приложение осуществляется с помощью Json Web Token. Время действия токена будет ограничено одной минутой. Второй фактор аутентификации не нужно проходить каждый раз при входе в систему. После удачного прохождения аутентификации сотрудник получает определенные права в область ограниченного доступа.

В дальнейшем планируется добавить ПИН-код, который владелец должен будет ввести в контроллер после аутентификации по NFC.

Список литературы

1. Шелупанова А. А., Груздева С. Л., Нахаева Ю. С. Аутентификация. Теория и практика

обеспечения безопасного доступа к информационным ресурсам. — Москва: Горячая линия. — Телеком, 2009. — 154 с.
2. Форум NFC Live. IV Международный форум. Мобильные бесконтактные технологии. URL: http://nfc-forum.ru/ (дата обращения: 19.06.2016).
3. Igoe T., Coleman D., Jepson B. Beginning NFC: Near Field Communication with Arduino, Android and PhoneGap. O'Reilly media. 2014. — P. 246.

Использование MVC в структуре геопортальной системы

С. А. Ямашкин, Е. О. Ладанова, С. А. Федосин

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»

Разработка и внедрение региональных геоинформационных систем является актуальным направлением в совершенствовании системы управления природными ресурсами и охраны окружающей среды. Они призваны формировать целостное информационное пространство, обеспечить эффективное получение, использование и распространение данных о состоянии региональных природно-социально-производственных систем.

Цель данного исследования — разработка эффективной геопортальной системы на основе концепции Model-View-Controller.

Программно-аппаратная архитектура геопортала. Исходя из утверждения о том, что геопортал представляет собой информационную систему, основная цель которой — предоставление конечному пользователю интерфейсов доступа к геоданным, целесообразно в работе геопортального приложения выделить три структурных блока, каждый из которых выполняет свою функцию [1-2]: представления данных, логики приложения и управления данными.

Блок представления данных — терминальный графический интерфейсный компонент, предназначенный для конечного пользователя. Для того чтобы максимально облегчить и унифицировать возможность доступа пользователя к функциям геопортала, блок представления данных целесообразно реализовать в виде тонкого клиента, обеспечив перенос значительной доли вычислительных и обрабатывающих функций в блок логики приложений.

Блок логики приложения предназначен для координации работы системы. Геопортал работает с базой геоданных и предоставляющей информацию в структурированном виде конечному пользователю, целесообразно

предложить организацию блока логики приложения на основе архитектуры Model-view-controller (MVC), определяющую структуру системы как программного комплекса, строящегося на основе компонентов трех типов: моделей, видов и контроллеров [3]. В контексте работы геопортала контроллер должен представлять собой компонент, определяющий логику работы системы, модель — принимать управляющие данные от контроллера и возвращать при необходимости массивы геоданных, вид — организовывать работу интерфейсов геопортала: масштабирование растровых карт, наложение и комбинирование различных векторных тематических слоев. Внедрение этих компонентов позволяет разделить описание внешнего вида системы, логики его работы и структуры обрабатываемых данных. Это придает геопорталу свойства надежности, масштабируемости и модифицируемости.

Блок управления данными осуществляет хранение и получение данных с целью их предоставления блоку логики приложения для их обработки. Работа геопортала как комплексной информационной системы обязана базироваться на основе хорошо структурированных, нормализованных данных.

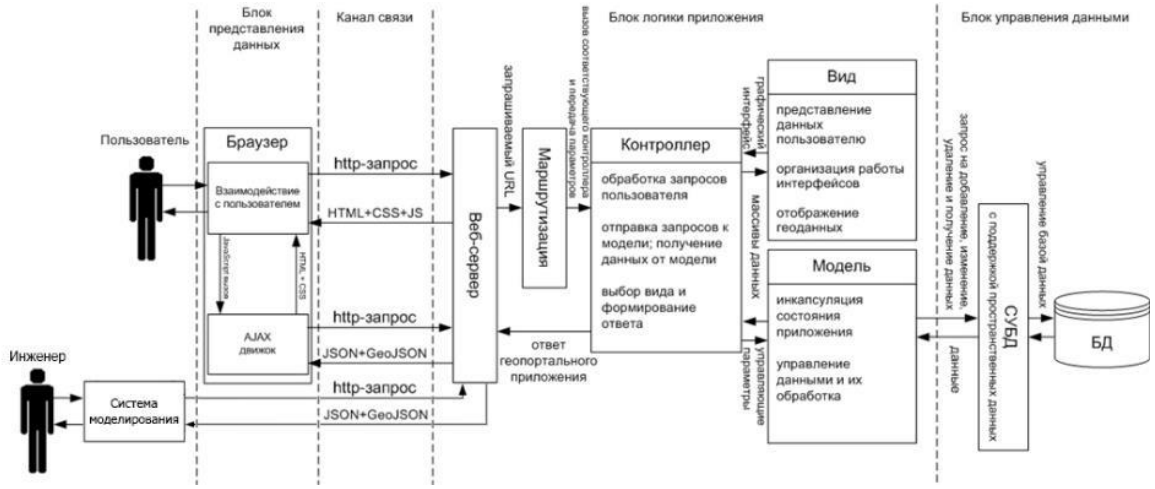


Рисунок 1. Основные архитектурные элементы геопортала

Таким образом, структура геопортальной системы выстраивается в виде трехслойной архитектуры (three-tier architecture), состоящей из ряда взаимосвязанных структурных блоков, разделяющих между собой различные функции: представления данных, логики приложения и управления данными (рис. 1).

Результатом исследований в области использования MVC для создания эффективных геопортальных решений стало создание геопортала РГО в Республике Мордовия, который доступен по ссылке http://geo13.ru.

Список литературы

1. Вдовин С.М. Получение, хранение и распространение геоданных как единый информационный процесс / С. М. Вдовин, С. А. Федосин, С. А. Ямашкин, А. А. Ямашкин // Природные опасности: связь науки и практики : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Саранск, 23–25 апр. 2015 г. / редкол.: С. М. Вдовин (отв. ред.) [и др.]. — Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2015. С. 211–216.
2. Вдовин С.М. Университетские геопорталы как инструмент решения экологических проблем / А. А. Ямашкин, С. А. Ямашкин // Экологические проблемы. Евразийское пространство / редкол.: В. А. Садовничий [и др.]. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 2014. — С. 552– 566.
3. Ладанова Е.О. Создание регистрации на сайте с помощью PHP и MySQL [Электронный ресурс] // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. 2016. № 6. URL: http://www.apriorijournal.ru/seria2/6-2016/ Ladanova.pdf (дата обращения 2.03.2016).

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

Многоуровневая мультиагентная модель социальной среды сложной социотехнической системы

Е.Н. Бородулина

Южный федеральный университет (ЮФУ)

В настоящее время организация представляет сложную социотехническую систему (СТС), важная компонента которой социальная среда является источником неопределенности и риска. В связи с этим актуальным направлением исследования гетерогенных объектов данного вида является разработка модели социальной среды, которая описывает взаимодействие агентов с учетом индивидуальных особенностей и корпоративных задач и отражает происходящие изменения.

Структура модели включает несколько взаимосвязанных уровней:

- личностный, описываемый психико-физиологическими характеристиками индивида;
- поведенческий, содержащий типовые модели поведения индивида;
- межличностный, характеризующий формальные и неформальные взаимоотношения агентов;
- организационный, описывающий организационную структуру.

На личностном уровне модели хранится, обрабатывается и анализируется информация о психико-физиологических особенностях агента и оцениваются индивидуальные качества [1].

На поведенческом уровне формируются и синтезируются модели поведения конкретного человека, в том числе отношения к определенным ситуациям, общения, выполнения конкретных работ и операций, а также оценивается влияние личностных характеристик.

Модель взаимодействия индивида в организации формируется с учетом личностных и поведенческих характеристик на межличностном уровне и представляет оценку взаимоотношений с другими агентами.

На организационном уровне генерируется модель трудового поведения в социальной среде на основе хранящейся статистической информации, определяются вероятности прохождения этапов трудового цикла агентами и влияние вышеуказанных уровней, оцениваются результаты операций и формируются требования к психико-физиологическим характеристикам

индивида для выполнения определенной работы.

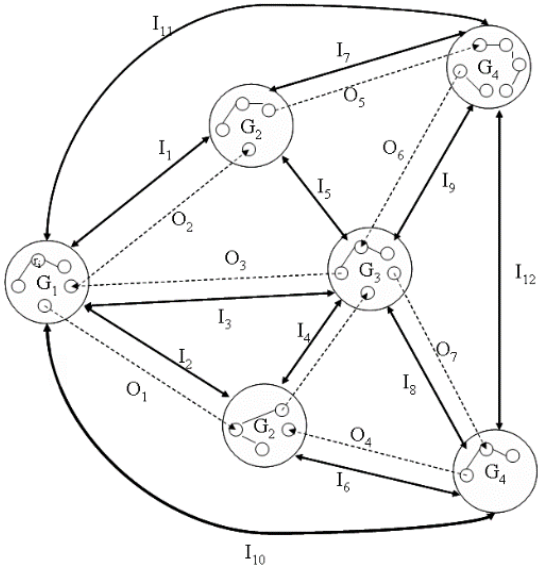


Рис. 1. Модель представления организационной структуры в виде графа, где G — должностная группа, r — работа, O — операция, I — информационный поток

Оценка синергетического эффекта взаимодействия агентов происходит путем оценки изменения результата выполнения работ при изменении взаимоотношений с другими агентами.

Результатом данной работы является многоуровневая мультиагентная модель социальной среды, позволяющая оценивать агентов, их поведение, формирующиеся взаимосвязи между ними, выбирать подходящие кандидатуры для выполнения работ, прогнозировать прохождение этапов трудового цикла и синергетический эффект. Дальнейшее исследование нацелено на апробацию данной модели на разных типах СТС.

Список литературы:

1. Живцова П.А., Грушина Е.Д. Математическая обработка данных тестирования. Формирование оценки личностных качеств и адаптированности к факторам окружающей среды [Текст] / П.А. Живцова, Е.Д. Грушина// Наука настоящего и будущего : сб. науч. тр. / СПбГЭУ «ЛЭТИ». — Санкт-Петербург, 2016. — С. 170-172.

Основные принципы создания сайта для детей

Н. А. Каврецкий

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Все заметили, что в прошедшем десятилетии информационные технологии развивались очень стремительно. Стационарные телефоны поменялись на

мобильные, ламповые экраны сменились на плазменные, емкость жестких дисков возросла на порядки. Сегодня дети очень активно пользуются информационными технологиями. И основное их занятие — это развлечения (развлекательные сайты, онлайн игры, социальные сети, интернет-телевидение).

При проектировании и реализации сайтов разработчики и заказчики редко задумываются об удобстве их проекта для детей. Будет ли он привлекательным и удобным для детей разных возрастных групп. Эта проблема стала очень актуальна за последние 10 лет. И причина в том, что дети в возрасте 3-12 лет получили доступ к компьютерам и сети Интернет. Всегда были компании, которые хотели привлечь внимание этой возрастной группы. И они стали проектировать сайты, опираясь на предпочтения и особенности восприятия информации, которые характерны для детей.

Давайте посмотрим на взрослых. Мы очень часто перестаем посещать сайт только из-за того, что им неудобно пользоваться. Так же поступают и дети. Но взрослый человек может попытаться разобраться в работе сайта, если он ему важен, решить возникшую проблему. Дети же не прощают ошибок. Если им будет что-то непонятно в использовании сайта, то они, скорее всего, немедленно его покинут и больше не вернутся.

Если взрослые большую часть времени используют Интернет для решения задач, связанных с работой, и получения информации, то дети смотрят на Интернет по-другому. Для них это еще один очень хороший источник развлечений, а иногда инструмент для выполнения домашних заданий. Сегодня дети проводят очень много времени, играя в онлайн игры и просматривая онлайн видео. Если ваш детский сайт не является развлекательным, то будет очень полезно разместить на нем контент развлекательного характера, которая будет привлекать и удерживать внимание детей.

Когда мы проектируем сайт, у нас есть стандартные страницы — это Контакты, Помощь, Обратная связь. Конечно, это важные элементы, но не для детей, а для родителей. Эти ссылки нужно делать на стартовой страницы, потому что родители помогают своим детям пользоваться сайтом. Это включает регистрацию и вход в систему. Но как только пользователь зашел в систему, сайтом начинает пользоваться ребенок, который в предвкушении развлечения. И здесь разработчики допускают множество ошибок. Например, как будет реагировать ребенок, если увидит форму с полями ввода и подсказками? Он будет разочарован: почему он еще не играет. Дети не читают сообщения и вводить кучу данных тоже не будут.

Создание сайтов для детей требуют много времени. Особенно проектирование «игрушечного» интерфейса. Основные элементы должны быть большими и заметными. Мало того, кнопка должна не только менять цвет при наведении, а также издавать звук. Так ребенок понимает, что он попал по кнопке. Также распространенная ошибка — это начинать играть мгновенно после запуска. Малыш не может так быстро реагировать, поэтому было бы неплохо предупредить его о начале: «три, два, один, поехали». Ни в коем случае нельзя забывать про вознаграждение за проделанную работу. Ребенок старался и хочет получить какой-нибудь подарок. Но не давайте его до выполнения задания, иначе пропадет мотивация. Очень часто используют виртуальные деньги.

Разрабатывая сайт для детей, очень важно понимать все тонкости и нюансы поведения детей. Ведь они воспринимают информацию и мыслят по-другому, нежели взрослые. Если им будет неинтересно, то они просто закроют вкладку и больше не вернутся.

Список литературы:

1. Черкашин П. Сайты для детей — просто ли сделать серьезный продукт «игрушечно» [Электронный ресурс] // @httpavel. 2013. 28 ноября. URL: http://habrahabr.ru/post /203958 (дата обращения: 17.02.2017).
2. Шишак С. Проектирование интерфейсов, ориентированных на маленьких детей [Электронный ресурс] // «@fffffffff. 2012. 7 марта. URL: https://habrahabr.ru/post /139523 (дата обращения: 16.02.2017).

Анализ рисков программных проектов с применением стохастических моделей

Ю. А. Камышова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Интенсивное внедрение информационных технологий во все сферы человеческой деятельности приводит к разработке огромного количества программных средств. При этом возрастающая сложность и увеличивающийся объем программных продуктов, высокая конкуренция в области разработки программного обеспечения, а также повышение требований клиентов по надежности и способности к развитию программных изделий сделали процесс разработки ПО более сложным, а возможный результат значительно менее определенным. Эмпирические исследования показывают, что вероятность успеха крупных разработок новых программных продуктов по-прежнему

низка и, согласно ежегодному докладу «Chaos» Standish Group, процент всех успешно завершенных программных проектов на 2015 год составил всего 29% [1]. Таким образом, управление рисками програмных проектов становится все более важным и актуальным вопросом в разработке ПО. Особое значение приобретают репутационные риски. Необходимость минимизации рисков в отношениях с заинтересованными сторонами крайне высока в рамках устойчивого развития компании. Отсутствие анализа таких рисков значительно затрудняет управление ими.

Модели жизненного цикла (ЖЦ), используемые при создании программных изделий не позволяют точно спланировать процесс разработки. Если разработчики, занимающиеся созданием программного обеспечения, располагают статистическими данными о длительности выполнения каждой фазы ЖЦ с учетом всех факторов, влияющих на разработку ПО, то процесс проектирования становится эффективнее. В этом случае упрощается управление проектами, увеличивается точность определения сроков выполнения проектами с требуемым уровнем качества, без превышения бюджетных ограничений [2].

В настоящей работе проведены анализ рисков разработки программных проектов, связанных со сроками реализации ПО, а также репутационных рисков IT — компаний.

Для рисков, связанных со сроками реализации ПО, предложены аналитические и имитационные модели ЖЦ. Поскольку в литературе присутствуют некоторые статистические данные о продолжительности различных фаз ЖЦ разработки ПИ, представляется возможным построение стохастических моделей ЖЦ. Анализ проводиться с помощью аналитического и имитационного моделирования. Построены графы состояний (марковские модели) различных моделей ЖЦ, которые более полно отображают процесс разработки. Введенное понятие состояния обозначает одну из основных фаз ЖЦ: анализ, реализация, проектирование, внедрение и сопровождение.

Составляющие репутационных рисков имеют случайный характер. Риск оценивается в виде вероятности отказа от использования (приобретения) программного продукта. Вводится случайная величина, характеризующая показатель репутации продукта на рынке. Разработаны алгоритмы и программы оценки рисков выполнения программных проектов.

Проведенный в работе анализ рисков и разработанные модели и подходы к анализу рисков позволяют упростить управление проектами и увеличить

точность определения сроков выполнения проекта с требуемым уровнем качества, без превышения бюджетных ограничений.

Список литературы:

1. Hastie S., Wojewoda S. Standish Group 2015 Chaos Report [Электронный ресурс]. — 2015. — URL: https://www.infoq.com/articles/standish-chaos-2015 (дата обращения: 23.02.17).
2. Романцев В. В. Анализ моделей жизненного цикла программных изделий. Тр. 8 Всерос. НТК. Фундаментальные исследования в технических университетах. — СПб: СПбГТУ, 2002. — С. 112-114.

Соперничество как метод адаптации персонала к трудовой деятельности

Е.Д. Караваева

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Адаптация персонала к трудовой деятельности — важный момент в любой организации. Этому процессу должно уделяться немалое внимание. Ведь хорошо налаженная система адаптации положительно влияет на эффективность деятельности каждого сотрудника и организации в целом, прибыль, а также на удовлетворенность работников. Важно, чтобы с первых дней пребывания в новом коллективе и на новом месте человек чувствовал себя комфортно. Нельзя забывать и об адаптации для уже работающих сотрудников при каких-то изменениях в их привычной рабочей среде.

На данный момент в России не многие организации уделяют процессу адаптации должное внимание, имеют специальные программы, применяют различные методы.

Целью исследования является разработка нового метода адаптации, который будет основан на соперничестве, соревновании между двумя или более кандидатами. Также следует создать обоснованные рекомендации о том, как, к кому и при каких обстоятельствах этот метод стоит применять, выделить его особенности, доказать эффективность такого метода.

Соперничество является одним из факторов, влияющих на развитие способностей. Целеустремленные люди часто очень ревниво относятся к успехам своих коллег. Так что соревнование будет подталкивать их на повышение эффективности своей деятельности и являться для них источником энергии [1].

Метод может быть полезен, когда мы имеем два подходящих кандидата,

но одно вакантное место или, когда есть одно место на более высокую должность, а другое на более низкую.

Применение разработанного метода можно разбить на 4 этапа:

1) Беседа. На этом этапе мы знакомим конкурентов друг с другом, рассказываем им о соревновании, его условиях и оговариваем критерии, по которым будем оценивать кандидатов. Важно обратить их внимание на то, что конкуренция должна быть добросовестной, не нарушающей общепринятых моральных ценностей.
2) Наблюдение. Фиксируем успехи и неудачи кандидатов, отмечаем их личностные особенности, узнаем мнение коллектива о новых сотрудниках. Длительность этого этапа зависит от рода деятельности организации и может быть от 1-ой до 3-ех недель.
3) Выводы. Подводим итоги, принимаем решение и оглашаем его.
4) Контроль. Некоторое время следует наблюдать за тем, как новый сотрудник будет вести себя в отсутствии конкуренции, не сильно ли упадет его эффективность.

Нужно не забывать о том, что конкуренция влияет на людей по-разному и не во всех случаях этот метод стоит применять. Можно выделить 4 типа отношений человека к соперничеству:

- человек не любит и боится конкуренции, так как имеет низкую самооценку;
- конкуренция мотивирует человека, но он негативно относится к соперникам из-за боязни проигрыша;
- человек любит конкуренцию, он уважает соперников, они мотивирует его развиваться быстрее и лучше;
- конкуренция не мотивирует человека, ему достаточно своей внутренней установки идти вперед [2].

Очевидно, что к первому и последнему типу метод соперничества применять точно не стоит. Наиболее полезным он будет при применении к людям, относящихся к третьей группе. При применении ко второму типу людей следует обратить особое внимание на первый этап метода.

Разработанный метод является достаточно жестким и серьезным, но он позволит отобрать в штат организации действительно лучших, наиболее целеустремленных и эффективных работников, а также сократить продолжительность процесса их адаптации. При появлении новых условий труда метод можно применять и к давно работающим сотрудникам, с целью повышения их

активности, а в качестве награды предложить премию или повышение. Однако и тут важно обозначить правильный психологический настрой. Действия людей должны быть направлены на опережение соперников, а не на их устранение.

Данный метод хорошо сочетается с другими методами адаптации, например, с наставничеством, тренингами и семинарами, погружением.

Список литературы:

1. Маклаков А. Г. Общая психология. — СПб: Питер, 2001. — 583 с.
2. Аксенова А. Полезна ли конкуренция? Психология конкуренции [Электронный ресурс] // Медицинская информационная сеть. 1999. 4 ноября. URL: http://www.medicinform.net/psycho/psych_pop147.htm (дата обращения: 08.02.2017).

Исследование методов разрешения фазовой неоднозначности и реализация алгоритма обработки двухчастотных измерений на базе программной библиотеки RTKLIB

А. С. Кондратьев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

В глобальных навигационных спутниковых системах (ГНСС) активно развивается высокоточное определение координат приемника в абсолютном режиме по кодовым и фазовым измерениям. В навигационном приемнике кодовые и фазовые измерения осуществляются на основе работы следящих систем автоподстройки. Работа данных систем приемника начинается с обработки псевдослучайного кода, а затем осуществляется обработка фазовых измерений, базирующихся на несущей частоте кода. В хороших приемниках погрешность слежения за сигналом составляет 1-2 процента от его характерной частоты. Несущая частота (порядка ГГц) значительно выше частоты импульсов кода (порядка МГц) и поэтому слежение за фазой несущей осуществляется значительно точнее слежения за задержкой кода. Погрешность слежения за псевдослучайным кодом соответствует 3-6 метрам ошибки в псевдодальности. Погрешность слежения за фазой несущей соответствует ошибкам в псевдодальности 3-4 миллиметра, если не учитывать неопределенностей в начальном значении фазы. Эта неопределенность и является главной проблемой в определении дальности по фазе несущей частоты. Точность такого позициониро-

вания с разрешением фазовой неоднозначности в режиме послесеансной обработки достигает 1 см для статических потребителей и нескольких дециметров для движущихся приемников.

Для решения задачи высокоточного глобального навигационного позиционирования необходимо разрешать фазовую неоднозначность за приемлемое время. Методы разрешения фазовой неоднозначности можно классифицировать по трем группам: методы, основанные на оценивании фазовой неоднозначности внутри навигационной задачи; методы, основанные на сглаживании фазово-кодовых разностей; методы, основанные на фазовых измерениях на нескольких частотах.

Последний из приведенных методов позволяет получить высокоточное решение задачи глобального навигационного спутникового позиционирования с более быстрой сходимостью по сравнению с остальными методами. Так как сигнал от ГНСС может приниматься в нескольких частотных диапазонах, то это позволяет использовать методы, основанные на поиске наиболее вероятного общего кратного для двух длин волн. Пусть истинное значение дальности лежит в диапазоне $D = (D_0 - 3\sigma_d, D_0 + 3\sigma_d)$, где D_0 - измеренное значение кодовой псевдодальности, а σ_d — среднеквадратическая ошибка измерений, порядка 5 метров. Тогда, исходя из предположений, что фазовые измерения в разных каналах (частотных диапазонах) проведены без случайных ошибок и канальные шкалы времени сведены к единой шкале, так что миллисекундные метки для разных частотных диапазонов совпадают (синхронны), на любой миллисекундной метке t_{ms} для фазовых измерений $\varphi_i(t_{ms})$, полученных в разных частотных диапазонах, должны выполняться следующие соотношения $[m_{1i} + \varphi_1(t_{ms})]\lambda_1 = [m_{2j} + \varphi_2(t_{ms})]\lambda_2$. Таким образом, если удастся найти одну или несколько целочисленных пар (m_{1i}, m_{2j}), для которых выполняются вышеприведенные равенства, то проблема неоднозначности решится либо сразу, либо путем перебора нескольких вариантов.

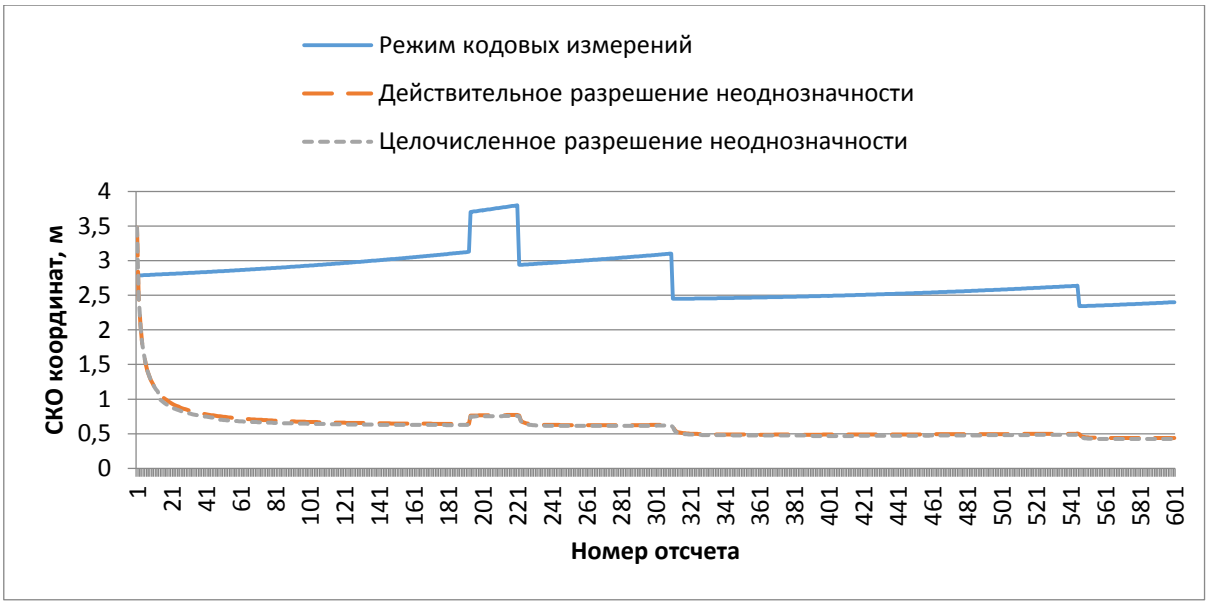


Рис. 1. Результат обработки данных от искусственного спутника Земли, движущегося на низкой орбите

На основе описанного метода и открытой библиотеки глобального навигационного спутникового позиционирования RTKLIB ver. 2.4.2 реализован алгоритм обработки двухчастотных измерений от ГНСС для высокоточного определения координат приемника в абсолютном режиме для послесеансной обработки. Библиотека RTKLIB предоставляет широкий функционал для работы с ГНСС от инструментария по обработке измерений (например, метод наименьших квадратов, фильтр Калмана, операторы матричной и векторной алгебры, функции по работе с различными форматами представления навигационных данных) до готовых решений определения координат приемника.

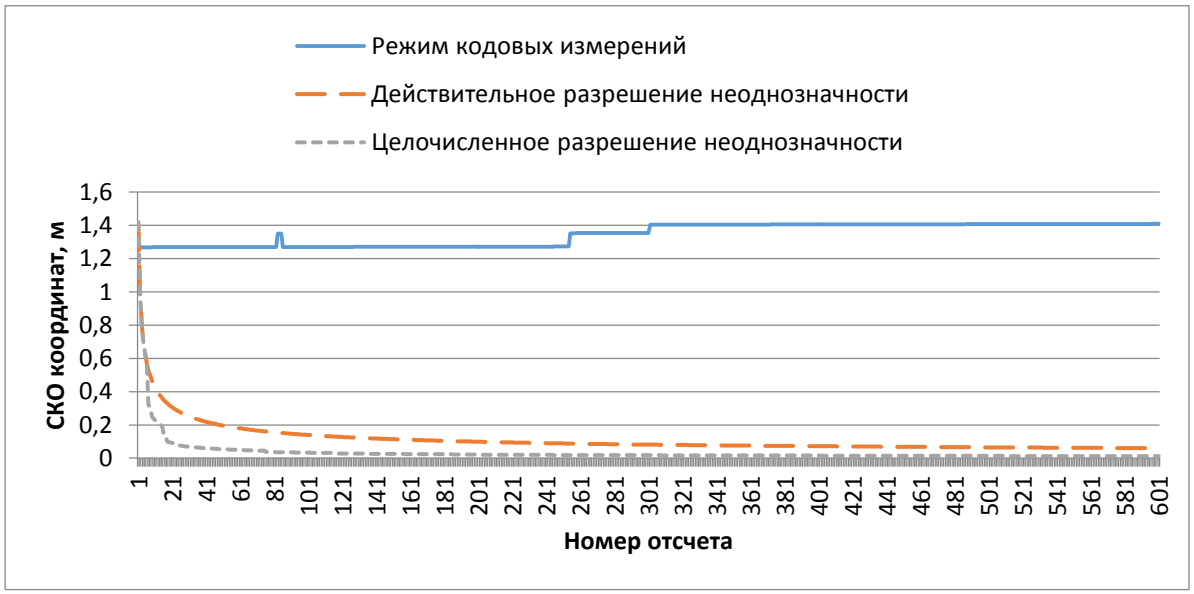


Рис. 2. Результат обработки данных от неподвижного приемника, находящегося на

Результаты вычислительных экспериментов по высокоточному глобальному навигационному спутниковому позиционированию на основе реализованного метода разрешения фазовой неоднозначности с использованием открытой библиотеки RTKLIB демонстрируют снижение периода сходимости и повышение точности по сравнению с аналогичной обработкой без процедуры разрешения. На изображениях ниже приведены результаты обработки реальных спутниковых данных алгоритмом высокоточного навигационного спутникового позиционирования в трех режимах: режим обработки кодовой информации и режим обработки кодовых и фазовых измерений с действительным и целочисленным разрешением фазовой неоднозначности. На рис. 1 представлены результаты работы алгоритма для искусственного спутника Земли, движущегося на низкой орбите. На Рис. 2 приведены результаты для неподвижного приемника, находящегося на поверхности Земли. Точность полученных результатов соответствует заявленной и достигает 1-2 см для неподвижных объектов и нескольких дециметров для движущихся потребителей.

Список литературы:

1. Бакитько, Р. В. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Р.В. Бакитько [и др.]. — Москва, Радиотехника, 2010. — 796 с.

2. Поваляев, А. А. Спутниковые радионавигационные системы: время, показания часов, формирование измерений и определение относительных координат / А. А. Поваляев. — Москва, Радиотехника, 2008. — 328 с.

3. Li, Bofeng. High dimensional integer ambiguity resolution: first comparison between LAMBDA and Bernese / Bofeng Li, Peter J.G. Teunissen // The Journal of Navigation. — 2011. — С. 192-210.

4. Teunissen, P. J. G. The least-squares ambiguity decorrelation adjustment: a method for fast GPS integer ambiguity estimation / P. J. G. Teunissen // Journal of Geodesy. — 1995. — С. 65-82.

5. RTKLIB ver. 2.4.2 Manual [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.rtklib.com/prog/manual_2.4.2.pdf — RTKLIB ver. 2.4.2 Manual.

6. J. Sanz Subirana. GNSS DATA PROCESSING. Volume I: Fundamentals and Algorithms / J. Sanz Subirana, J.M. Juan Zornoza, M. Hernández-Pajares. — ESA Communications, 2013. — 223 с.

7. J. Sanz Subirana. GNSS DATA PROCESSING. Volume II: Laboratory Exercises / J. Sanz Subirana, J.M. Juan Zornoza, M. Hernández-Pajares. — ESA Communications, 2013. — 329 с.

Автоматическое выделение границ костных тканей на растровых изображениях рентгенограмм

К. Д. Крюкова

Тольяттинский государственный университет

В современной медицине активно ведутся исследования по диагностике заболеваний на начальных периодах. Известно, что чем раньше обнаружено заболевание, тем эффективнее и дешевле будет лечение. Выделение границ объекта на изображении является одной из актуальных задач в цифровой обработке сигнала. При анализе изображений и распознавании объектов, присутствующих на нем, весомую долю принимают на себя методы и алгоритмы выделения границ, так как они значительно упрощают работу с изображением [1].

Научной новизной данной работы является разработка алгоритма выделения границ на изображениях. Разрабатываемый алгоритм будет направлен на максимальное выделение всех границ объектов и на подавление обнаруженных ложных контуров. Целью данной работы является разработать алгоритм и его программную реализацию по выделению границ костных тканей на изображениях.

Один из способов выделения границ изображения — вычисление градиента изображения с применением различных матриц свертки. Подход на основе градиента также называют маской в цифровых изображениях. Дифференциальные приближения в горизонтальном или вертикальном направлении изображения вычисляются с помощью цифровой маски.

Алгоритм обнаружения границ состоит из следующих шагов [2]:

1. берется цветное изображение;
2. рафинирование: рафинирование используется для удаления шума, насколько это возможно, без ущерба краям;
3. интенсификация: применяется дифференциация в целях повышения качества ребер;
4. порог: пороговое значение величины границы используется для отклонения шумных краев;
5. локализация: некоторым приложениям для оценки положения ребра и расстояния между пикселями, может потребоваться экстраразрешение;
6. получается изображение после обработки.

На вход подается изображение, на основе которого будет обучаться искусственная нейронная сеть. В качестве исходных данных используется рентгеновский снимок, содержащий изображение анализируемого объекта. Для выделения границ можно воспользоваться одним из следующих наиболее распространенных методов, вычисляющих градиент изображения — оператор Собеля, детектор границ Кэнни или оператор Лапласа.

Рис. 1. Исходное изображение

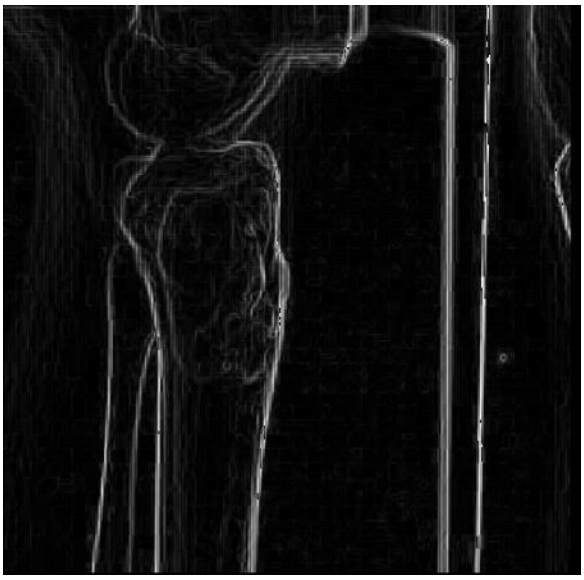


Рис. 2. Обработанное изображение оператором Собеля

Результатом работы является алгоритм автоматического выделения границ костных тканей на растровых изображениях рентгенограмм. Разработанная программа способна выполнять анализ изображения, полученного на входе, что направлено на то, чтобы облегчить работу специалистам медицинских учреждений.

Список литературы:

1. Трибрат А. Построение автоматизированной системы определения контура объекта на примере изображения клеток [Электронный ресурс]. URL: http://masters.donntu.org/2005/kita/tribrat/diss/index.htm (дата обращения: 17.01.2017).

2. Dharampal and Vikram Mutneja. Methods of Image Edge Detection: A Review [Electronic resource] // Electrical & Electronic Systems. URL: https://www.omicsgroup.org/journals/ methods-of-image-edge-detection-a-review-2332-0796-1000136.pdf (дата обращения: 25.01.2017).

Проектирование мобильного робота для отладки алгоритмов автономного управления

В.В. Чернокульский, Н.В. Размочаева

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Все чаще поднимаются вопросы безопасности движения на дорогах, сохранения человеческой жизни. Стремительно развивающая IT индустрия тщательно занимается проблемами стабильности автономных систем [2,3], внедряемых в быт человека. IT-компании ответственно подходят к вопросу разработки автономных роботов и транспортных средств, которые набирают популярность в сфере обслуживания [3,4]. Разнообразными способами решаются задачи автоматического управления траекторией для достижения цели при наличии большого числа заранее неизвестных помех движению робота [1]. В связи с вышеуказанными причинами, проектирование средства отладки алгоритмов автономного управления является весьма *актуальной*.

Вопросы создания автономных роботов, транспортных средств решаются в различных сферах деятельности человека и для различных целей [1,2]. Так, например, компания Cognitive Technologies совместно с ОАО «КамАЗ» к 2020 году ожидают получить полностью беспилотный грузовой автомобиль [3]. ООО «ДинСофт» реализовала полноценного многофункционального робота-официанта, ориентирующегося в помещении посредством анализа данных с датчиков колес, с системы технического зрения и ультразвукового дальномера [5]. Система беспилотного автомобиля от компании Google Inc. [6] использует информацию, собранную сервисом Google Street View, от видеокамер и датчика LIDAR, установленного на крыше, а также от радаров в передней части авто и датчика, подключенный к одному из задних колес, который помогает определить позицию автомобиля на карте.

Проектирование выполнялось на базе масштабной модели автомобиля Ford Ranger F-150, который, в свою очередь, выполнен на базе шасси с рулевым управлением. В качестве исполнительных механизмов использовались электрические двигатели постоянного тока, приводящие в движение ведущие колеса (маршевые двигатели). Для управления углом поворота рулевых колес также использовался двигатель постоянного тока меньшей мощности (рулевой двигатель). Каждый маршевый двигатель управляется независимо, что позво-

ляет реализовывать схемы управления с эмуляцией дифференциального привода, обеспечивающего уменьшение радиуса поворота транспортного средства. Скорости вращения регулируются посредством драйверов, управляемых широтно-импульсной модуляцией. В качестве обратной связи для измерения угла поворота рулевых колес была выбрана схема с переменным резистором, соединенным с рулевым валом. Разработанная схема позволяет управлять скоростью прототипа транспортного средства, направлением его движения, а также получать основные параметры его движения с датчиков обратной связи.

Управление исполнительными механизмами реализовано посредством платы Iskra JS, которая выполнена на базе платформы Espruino. Данное решение позволяет управлять большим количеством периферийных устройств, а в качестве языка программирования использовать JavaScript, что в свою очередь повышает скорость разработки.

Высокоуровневое управление реализовано на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi версии 3, с установленной операционной системой Linux, что позволяет использовать стек протоколов TCP/IP для распределения вычислительной нагрузки (перенос алгоритмов обработки изображения на Desktop PC).

По результатам данного исследования получен прототип для разработки и тестирования алгоритмов управления транспортного средства, требующий дальнейшего усовершенствования. Поставлена цель на дальнейшую разработку: улучшить имеющуюся физическую модель для решения широкого спектра задач мобильной робототехники (на базе операционной системы ROS (Robotics Operating System)).

Список литературы:

1. Автономные мобильные роботы — навигация и управление [Электронный ресурс] / Михайлов Б.Б., Назарова А.В., Ющенко А.С. // Известия ЮФУ. Технические науки. — С. 48 — 67. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader, URL: http://izv-tn.tti.sfedu.ru/wp-content/uploads/2016/2/4.pdf (дата обращения: 28.10.2016).

2. Алгоритм управления автономным двухколесным мобильным роботом «Мотобот» [Электронный ресурс] / Бобцов А.А., Боргуль А.С., Зименко К.А., Пыркин А.А. // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики, 2011, № 5 (75). — С. 65 — 68. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader, URL: http://ntv.ifmo.ru/file/article/859.pdf (дата обращения: 28.10.2016).

3. Техническое зрение в управлении мобильными роботами // smprobotics.ru — Компьютерное зрение мобильных роботов. URL: http://www.smprobotics.ru/technologies/ (дата обращения: 28.10.2016).

4. Визуальное определение местоположения робота // smprobotics.ru — Компьютерное зрение мобильных роботов. URL: http://www.smprobotics.ru/technologies/vizualnoe-opredelenie-mestopolozheniya-robota/ (дата обращения: 28.10.2016).
5. Интеллектуальный мобильный робототехнический комплекс «Робот-официант» // dynsoft.ru — Компания Дин-Софт. URL: http://robin.dynsoft.ru/, (дата обращения: 28.10.2016).
6. Беспилотный автомобиль Google // Дата обновления: 26.10.2016. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотный_автомобиль_Google (дата обращения: 28.10.2016).

Применение адаптивных моделей при разработке обучающих программ

Ю. Л. Семенова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

В настоящее время технология адаптивного обучения является развивающимся направлением в электронных обучающих системах. В основе данной технологии лежит модель обучаемого, которая учитывает его индивидуальные особенности, такие как характер, уровень знаний, способности к пониманию и усвоению материала. Адаптивная система обучения — это система, способная анализировать информацию об обучаемом, на основании этой информации строить его модель и применять эту модель для организации процесса обучения и проверки знаний. Большинство обучающих программ, в которых применяется технология адаптивного обучения, используют знания обучаемого в качестве источника адаптации [1 — 3]. Уровень знаний обучаемого является переменной величиной. В связи с этим обучающая программа на основе адаптивной модели должна анализировать знания обучаемого, фиксировать изменение их уровня и, учитывая полученные данные, модифицировать модель обучаемого. Это означает, что при адаптивном подходе к обучению, обучаемый получает следующий блок учебного материала только после анализа текущего уровня знаний. Для проверки уровня знаний обучающихся чаще всего используется тестирование. В отличие от классической модели технология адаптивного обучения позволяет более точно проверить уровень знаний обучаемого, используя при этом меньшее количество тестовых вопросов и заданий.

Целью настоящей работы является построение адаптивной модели для обучающей программы тренеров дельфинов. Применение адаптивной модели позволит оценивать начальный уровень знаний тренеров, определять, в каких областях имеются пробелы в знаниях, и, на основании полученных результатов, перестраивать обучающий курс индивидуально под каждого тренера.

В работе используется механизм стереотипной оверлейной структуры для представления знаний обучаемого. Модель адаптивного обучения на основе такой структуры представлена на рисунке.

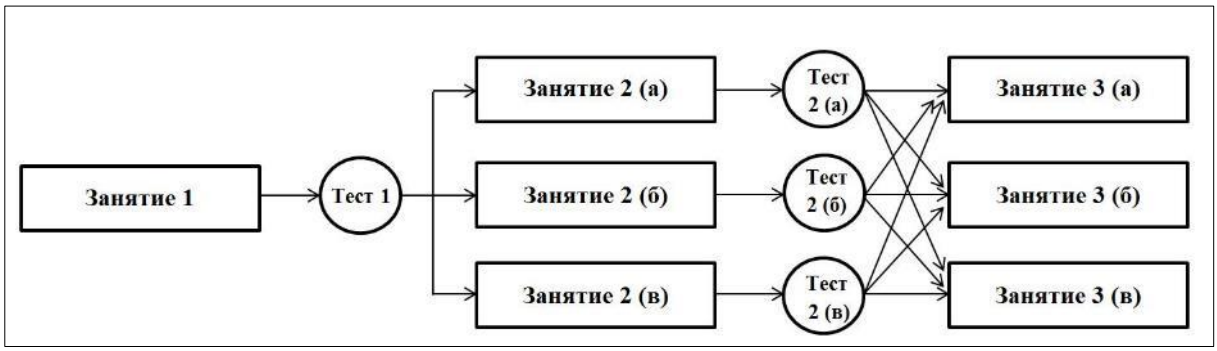


Рис.1. Модель адаптивного обучения

Модель является стереотипной, так как система может иметь набор возможных стереотипов или шаблонов, за основу которых в данном случае принимается уровень знаний обучаемого. Модель является оверлейной, так как описывает знания обучаемого как некоторое подмножество базы знаний обучающей программы.

Говоря о преимуществах адаптивной модели обучения, можно выделить следующие: обучение носит избирательный характер и направлено на изучение только тех материалов курса, с которыми не знаком обучаемый, или по которым имеются пробелы в знаниях. Такой подход исключает предоставление «лишнего» учебного материала и позволяет сэкономить время обучения.

Наряду с приведенными преимуществами имеются и недостатки применения адаптивных моделей. Один из таких недостатков заключается в том, что данный подход не является универсальным, так как для неточных наук суждение о том, что всегда есть правильный ответ, неверно.

В работе приводится реализация адаптивной модели обучения тренеров дельфинов на основе стохастической модели по схеме состояний.

Список литературы:

1. Дулин С.К., Репьев А.В. Программная реализация обучающей системы на основе адаптивной модели обучения //международный журнал ППС. — 2007. — №1. — С. 52–55.

2. Дидактика. Часть II. Технологии процесса обучения: Учебное пособие/ Автор-составитель В. И. Смирнов. — Нижний Тагил: Нижнетагильская государственная социально-педагогическая академия, 2012. — 544 с.
3. Романцев В.В. Аналитические модели систем массового обслуживания: учеб. пособие. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1998. 67 с.

Совершенствование надежности эргатических систем в авиации

В. И. Устинов

Федеральное Государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-Медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации. Кафедра авиационной и космической медицины.

В настоящее время вопросам оптимизации взаимодействия экипажа с бортовым оборудованием в новых условиях управления летательными аппаратами уделяется все больше внимания.

Согласно данным Межгосударственного авиационного комитета, проводящего расследование авиационных происшествий и катастроф, случившихся на территории стран СНГ, около 70-80% катастроф, в последние 5 лет, связаны с человеческим фактором. [1] По данным Службы безопасности полетов Авиации вооруженных сил РФ общие потери государственной авиации с 2005 года по настоящее время составили 156 воздушных судов. В авиационных происшествиях погибло 138 членов экипажа и 24 пассажира. [2] (Рис. 1).

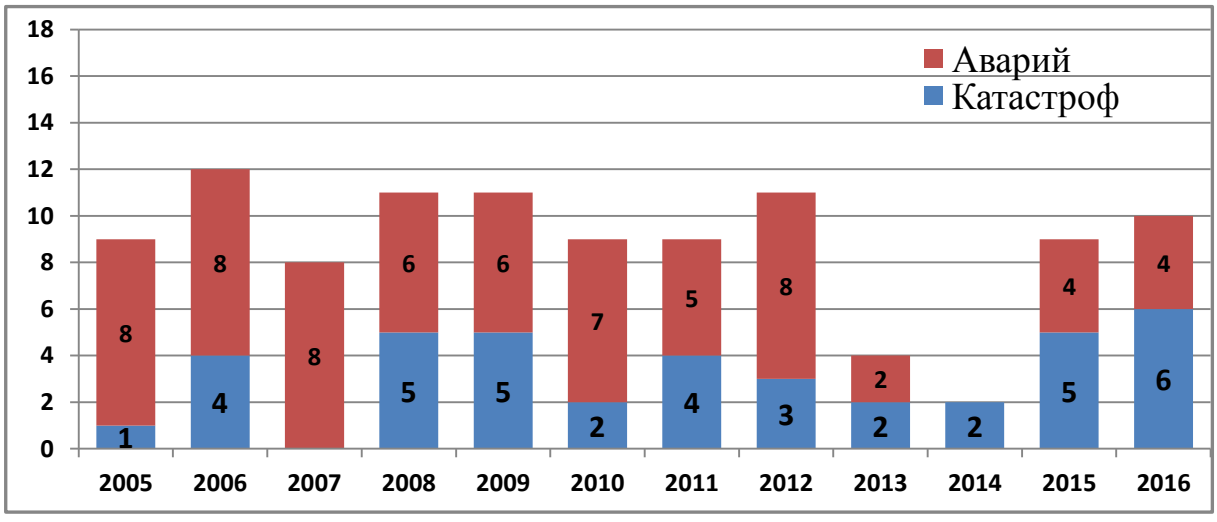


Рис. 1. Показатели аварийности в авиации Вооруженных сил РФ

Эти данные еще раз подтверждают, что слабым звеном в системе «человек-машина» становится человек.

Внедрение и развитие новых технологий сопровождается усложнением деятельности оператора. Большой поток информации, который приходится принимать и обрабатывать летчику, а также необходимость своевременно и четко взаимодействовать с окружающим его интерфейсом, дополнительные стресс-факторы в виде большой скорости передвижения, гипоксии, перегрузок, шума, вибрации — все это приводит к снижению качества пилотирования. Проблема человеческого фактора особенно актуальна с появлением военных самолетов 5 поколения. На их создание нацелены более 100 научных программ, в первую очередь именно по разработке человеко-машинного интерфейса. [3] Пилоты этих самолетов используют вместо привычных приборных досок цветные и нашлемные дисплеи, с сенсорным управлением на которые выводится пилотажно-навигационная и тактическая информация. Такой ее ускоренный поток при высокоскоростном маневрировании требует уже не рефлекторных навыков, а опережающего прогностического мышления в дефиците времени. Обобщенная информация на индикаторах не всегда совпадает с текущим образом полета.

Таким образом, совершенствование надежности эргатических систем в авиации должно учитывать возрастающие требования к эргономическому обеспечению летчика, эффективную наземную тренировку на пилотажных тренажерах и психофизиологическую подготовку летного состава.

Список литературы:

1. Отчеты о состоянии безопасности полетов. [Электронный ресурс] // Межгосударственный авиационный комитет. URL: http://mak-iac.org/rassledovaniya/bezopasnost-poletov/

2. Проблемы профилактики авиационной аварийности. Влияние медицинских аспектов на безопасность полетов государственной авиации. С. Д. Байнетов: материалы всеармейской научно-практической конференции, СПб, 2017. — С. 13.

3. В. Пономаренко, С. Айвазян — «А тот, который во мне сидит...» / В. А. Пономаренко, С. А. Айвазян // Независимое военное обозрение, № 46. 2016. — С. 9.

Проектирование пользовательского интерфейса для людей с ограниченными возможностями

Д.Э. Шумская

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

Веб-разработчики к адаптации сайтов для людей с ограниченными возможностями относятся весьма двойственно. С одной стороны, вряд ли кто-то

из разработчиков скажет, что людей с ограниченными возможностями слишком мало, чтобы тратить на них свое время. С другой стороны, в условиях фиксированных бюджетов и сжатых сроков именно так и случается. К тому же, тот факт, что для этого нужно изучать какие-либо правила, рекомендации, часто просто пугает. При ближайшем рассмотрении все эти правила банально совпадают с правилами хорошего тона, рекомендациями для адаптации сайтов под мобильные устройства, да и просто не так сложны в реализации. При этом следование этим рекомендациям упростит работу с сайтом не только пользователям с ограниченными возможностями здоровья, но и пользователям с ограниченными техническими возможностями, например, низкоскоростным интернетом, отсутствие мыши, маленький экран, а также пожилым людям.

Сайт может быть сколько угодно красивым, с множеством разных кнопок и функций, но это не означает, что он доступен. Веб-доступность обычно имеет дело со зрительными, слуховыми, физическими, речевыми и неврологическими отклонениями людей. Доступность в Сети также включает проектирование для пожилых людей, чьи способности меняются в связи с возрастом. Сегодня наиболее серьезные проблемы с доступом испытывают пользователи с нарушением зрения и особенно незрячие, так как большинство веб страниц рассчитано на визуальное восприятие. Именно об этом отклонении более подробно пойдет речь в данной работе. Таким образом, на рисунке 1, веб-страница представляется тем, кто не видит картинок. В соответствии с этим, все визуальные элементы теряют смысл в том, как они выглядят, но не в том, как они звучат.

Существует несколько несложных правил проектирования пользовательского интерфейса (ПИ) для людей с нарушением зрения:

- необходимо использовать контрастные сочетания цветов;
- пользователь должен иметь возможность увеличить текст, как минимум до двухсот процентов;
- необходимо использовать соответствующие теги и атрибуты HTML: H1-H6, ALT, LONGDESC, TABINDEX.

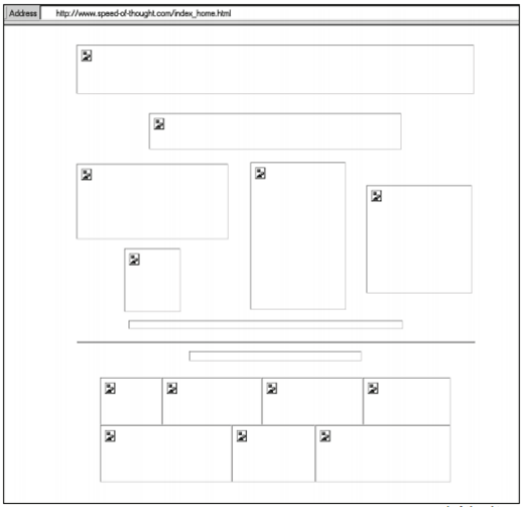


Рис.1. Веб-страница незрячего пользователя

Низкая разборчивость текста, рябь в глазах раздражает не только рассматриваемую категорию пользователей, но и посетителей с нормальным зрением, которым не нравится все то, что замедляет работу. Для людей с ослабленным зрением пестрый фон и бледный шрифт могут стать непреодолимым препятствием.

Кроме полностью незрячих пользователей, существует много людей с ослабленным зрением. Обычно им нужны крупные шрифты, имеющиеся в большинстве браузеров. Поддержка таких пользователей требует, чтобы в коде страницы были указаны только относительные размеры шрифтов. При таком способе пользователь сможет увеличить или уменьшить текст с помощью соответствующих команд. Рекомендуется проверять страницы со шрифтами наиболее популярных размеров — 10,12 и 14. Также можно проверить страницу со шрифтами размеров 18 и 24 и убедиться, что она сохраняет работоспособность [1].

Текстовые страницы могут быть сравнительно легкодоступны незрячим и слабо видящим пользователям, так как текст может быть воспроизведен экранным диктором. Длинные станицы вызывают проблемы, поскольку незрячему пользователю труднее найти на них нужную информацию. Для облегчения ориентации рекомендуется использовать соответствующие теги HTML: <H1> для заголовков первого уровня, <H2> — для основных разделов внутри, <H3> и более низкие уровни для детального структурирования информации. При таком подходе незрячий пользователь может определить структуру страницы, прослушав заголовки H1 и H2 и перейти к нижним уровням, если это действительно необходимо.

В основном, цель сайта — сообщить аудитории какую-либо информацию. Основная задача — быть уверенным, что содержимое сайта так же понятно посетителю, использующему экранный диктор, как и видящему. Однако при прослушивании многое теряется.

Люди могут посмотреть и рассказать, что они видят, используя четкие описательные термины. Но дело в том, что без любой другой информации все, что видит компьютер — это название файла и его расширение. То есть диктор начинает перечислять то, что звучит как имена изображений или названия файлов. К счастью, элементы изображений имеют атрибуты, позволяющие снабдить их собственным описанием. К ним относится атрибут ALT [2]. Если экранный диктор видит изображение с этим атрибутом, он читает его значение вместо имени изображения. Создать текст ALT достаточно просто. Нужная короткая, описательная и четкая фраза. При таком подходе не только человек, но и компьютер, т.е. экранный диктор, «понимают» данное изображение.

Никто не хочет просматривать или прослушивать страницу, полную несущественного текста. Длинные значения ALT будут давать ненужную информацию. Необходим способ обеспечить элемент дополнительной информацией, т.е. позволить читателю или слушателю самому решать, хочет ли он иметь доступ к ней или нет. Это позволит сделать атрибут LONGDESC, который дает экранным дикторам возможность обращаться к дополнительной информации об элементе, если это необходимо. Этот атрибут указывает ссылку на страницу, которая содержит более подробное описание о ней. Большинство экранных дикторов предоставляют возможность выбирать, слушать ли страницу информации LONGDESC или достаточно атрибута ALT.

Табуляция — это переход по всевозможным ссылкам с помощью клавиши TAB. На веб-странице, табуляция должна быть упорядочена. Независимо от того, зрячий посетитель или нет, клавиша TAB должна вести по странице в той же последовательности, что и глаза — сверху вниз и слева направо. Этот порядок соблюдается в большинстве сайтов, и именно так мы движемся по сайту визуально. Последовательность табуляции должна начинаться с заголовка и навигации, далее переходить к основному содержанию веб-страницы.

В России зарегистрировано более 12 миллионов лиц с ограниченными возможностями, то есть примерно 9% от населения страны. С определенными допущениями можно считать, что каждый десятый посетитель сайтов имеет какие-либо ограничения по здоровью. Если учесть пользователей различных

гаджетов, для которых описанные принципы также применимы, а также пожилых людей, их доля в аудитории сайта может вырасти до 30-40%. Даже десять, не говоря уже о сорока процентов посетителей — более чем ощутимая цифра для того, чтобы позаботиться о том, чтобы сайт был доступен для всех.

Список литературы:

1. Нильсен Я. Веб-дизайн: книга Якоба Нильсена — Пер. с англ. — СПб: Символ-Плюс, 2006. — 512 с.
2. Вотрол, Э. Изучаем веб-дизайн / Э. Вотрол, Д. Сьярто: [пер. с англ.]. — М: Эксмо, 2010. — 496 с.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕХАТРОНИКА

Разработка и исследование математической модели гидропривода термопластавтомата

И. В. Альгин, В. О. Осипов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Настоящая работа посвящена проекту модернизации системы управления термопластавтоматом фирмы Nissey.

Термопластавтомат (ТПА) — машина для литья пластмасс под давлением, при температуре пластикации до 623К. ТПА является универсальным оборудованием для получения штучных изделий из полимеров. Исходным материалом для них служат полиолефины, полистирол, его сополимеры, полиамиды и др.

Агрегат приводится в движение с помощью гидропривода, математическая модель которого изображена на рисунке 1.

Гидроприводом называется совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение механизмов и машин посредством рабочей жидкости, находящейся под давлением, с одновременным выполнением функций регулирования и реверсирования скорости движения выходного звена гидродвигателя.

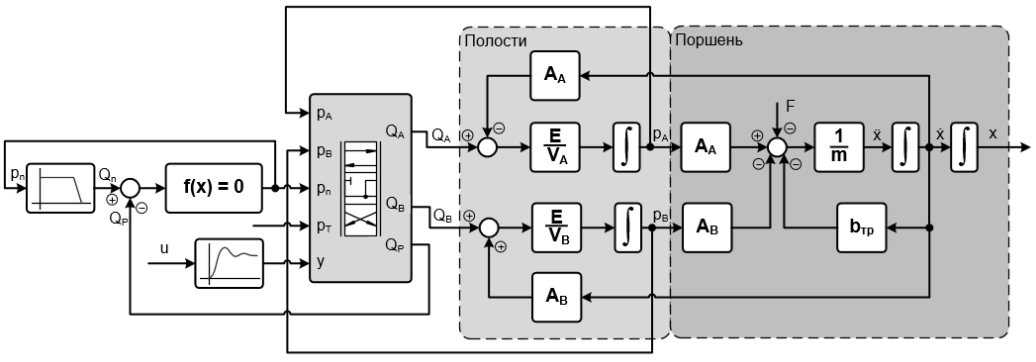


Рис. 1. Математическая модель гидропривода

Основными классификационными признаками ТПА являются усилие запирания формы (кН), то есть смыкания формы, создаваемое прессовым бло-

ком, и объем впрыска или мощность, выражаемая числом кубических сантиметров расплава, которые могут быть подготовлены машиной для однократной подачи в литьевую форму.

От запирающего усилия зависит качество выпускаемой продукции, поэтому возникла необходимость замены устаревшей системы управления более надежной, математическая модель которой была разработана в программном пакете Matlab simulink на кафедре РАПС СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Список литературы:

1. Андреев А.Ф., Барташевич Л.В., Боглан Н.В. и др. Гидро — пневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин // Объемные гидро- и пневмомашины и передачи. — Минск: Высшая школа, 1987. — 310 с.

2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя // В 3-х т. — 5-е изд., перераб. и доп. Том 3 — М.: Машиностроение, 1980 г. — 559 с.

3. Башта Т.М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика. — М.// Машиностроение, 1972. — 320 с.

Методика проектирования асинхронного торцевого двигателя

Г. Д. Баранов, М. А. Ваганов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Торцевые двигатели обладают рядом уникальных свойств, обусловленных их геометрией. Они более эффективны в сравнении с цилиндрическими при малой аксиальной длине машины [1], что позволяет применять их для решения различных специальных задач.

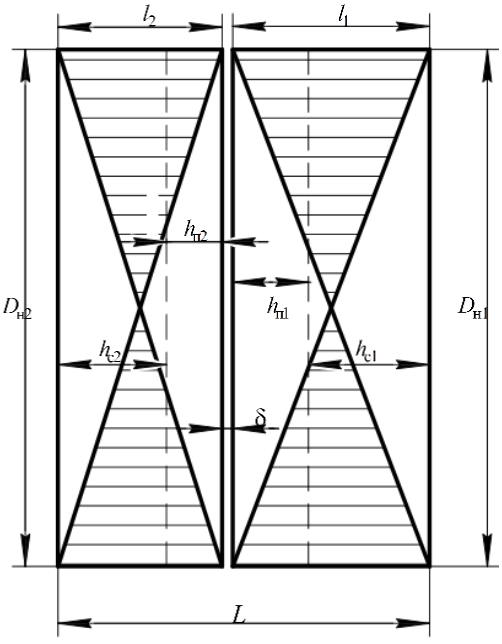


Рис. 1. Продольная геометрия асинхронного торцевого двигателя

Также в процессе производства таких машин исключается технологический процесс штамповки листов шихтованных пакетов статора и ротора. В место этого применяется лазерная резки или фрезеровка заготовок из электротехнической ленты. Это значительно упрощает процесс изготовления пакетов статора и ротора.

Задачей представленной работы является составление математического описания

торцевого асинхронного двигателя, а целью создание на базе этого математического описания методики проектирования указанных двигателей с оптимальной продольной и поперечной геометрией, обеспечивающей наилучшее использование активных материалов относительно их электромагнитного момента.

На рис. 1 представлена конструктивная схема асинхронного торцевого двигателя в аксиальной плоскости. Общая аксиальная длина машины обозначена — L, включающая в себя l_1, l_2 длины пакетов статора и ротора и длину воздушного зазора δ. Наружные диаметры пакетов статора и ротора $D_{н1}$ и $D_{н2}$ приняты равными между собой.

Предположим, что двигатель имеет некоторый фиксированный объем, т. е. его наружный диметр $D_{н1}$ и общая аксиальная длина L постоянны. Тогда, если в рамках неизменной аксиальной длины L менять длину пакета стали статора l_1, то длина пакета стали ротора будет определятся выражением

$$l_2 = L - l_1.$$

При указанных ограничениях увеличение длины пакета стали статора l_1 в пределе до общей аксиальной длины L будет сопровождаться уменьшением длины пакета стали ротора l_2, а развиваемый двигателем электромагнитный момент будет стремиться к нулю. Аналогично, если наоборот, уменьшать длину пакета статора l_1 в пределе до нуля, то длина пакета стали ротора l_2 будет стремиться к общей длине машины L, а момент, развиваемый таким двигателем, будет снова стремиться к нулю.

При учете теоремы Ролля электромагнитный момент как функция длины пакета стали статора должен иметь экстремум на рассматриваемом интервале.

Имея в виду этот мысленный эксперимент, была составлена математическая модель, базирующаяся на уравнении электромагнитного момента асинхронного двигателя. В [2, 3] представлено ее математическое обоснование.

$$M_{эм.н} = k_F F_{M*} L^5 F\ s_н \qquad (1)$$

Полученная модель представляет собой ряд сомножителей, объединяемых выражением (1). Наибольший интерес в этом выражении вызывает сомножитель F_{M*}. При анализе указанного сомножителя был обнаружен экстремум по двум независимым переменным: магнитной индукции в воздушном зазоре $B_δ$ и длине пакета стали статора l_{1*}.

Наличие экстремума по длине пакета стали статора подтверждает мыс-

ленный эксперимент, проведенный ранее и фактически определяющий оптимальную продольную геометрию машины.

Подводя итог, следует отметить, что математическая модель позволяет найти такую пару значений магнитной индукции в воздушном зазоре и длины пакета стали статора, которые обеспечивают наилучшее использование активных материалов машины относительно величины электромагнитного момента.

Список литературы:

1. Пашков Н. И., Исследование и разработка новых конструкций и технологии изготовления торцевых асинхронных электродвигателей малой мощности применительно к массовому производству: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук, Моск. энергет. ин-т (техн. ун-т). — Москва, 2007.
2. Баранов Г. Д., Ваганов М. А. Торцевой асинхронный двигатель. Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. СПб. № 6, 2016. — 68 с.
3. Ваганов М. А., Баранов Г. Д. Торцевой асинхронный двигатель с модифицированной геометрией зубцовой зоны статора. Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. — СПб. № 2, 2017. — 48 с.

Разработка стенда управления позицией РАУ-107а с помощью оборудования Mitsubishi Electric

И.И. Бобров, Ю.Н. Сердитов, В.В. Гульванский

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Линейный двигатель — электродвигатель, у которого один из элементов магнитной системы разомкнут и имеет развернутую обмотку, создающую магнитное поле, а другой взаимодействует с ним и выполнен в виде направляющей, обеспечивающей линейное перемещение подвижной части двигателя. Сейчас разработано множество разновидностей (типов) линейных электродвигателей, например, линейные асинхронные электродвигатели (ЛАД), линейные синхронные электродвигатели, линейные электромагнитные двигатели, линейные магнитоэлектрические двигатели, линейные магнитострикционные двигатели, линейные пьезоэлектрические (электрострикционные) двигатели и др. Многие типы линейных двигателей, такие как асинхронные, синхронные или постоянного тока, повторяют по принципу своего действия соответствующие двигатели вращательного движения, в то время как другие типы линейных двигателей (магнитострикционные, пьезоэлектрические и др.) не имеют

практического исполнения как двигатели вращательного движения. Неподвижную часть линейного электродвигателя, получающую электроэнергию из сети, называют статором, или первичным элементом, а часть двигателя, получающая энергию от статора, называют вторичным элементом или якорем (название «ротор» к деталям линейного двигателя не применяется, т.к. слово «ротор» буквально означает «вращающийся», а в линейном двигателе вращения нет). Наибольшее распространение в транспорте и для больших линейных перемещений получили асинхронные и синхронные линейные двигатели, но применяются также линейные двигатели постоянного тока и линейные электромагнитные двигатели. Последние чаще всего используются для получения небольших перемещений рабочих органов и обеспечения при этом высокой точности и значительных тяговых усилий.

В данном проекте планируется использовать линейный двигатель — электродвигатель постоянного тока с независимым возбуждением типа Д-25Г. Входная мощность двигателя 25 ватт при напряжении питания 27±2,7в и скорости вращения вала 6000±600 об/мин. Двигатель работает в режиме реверса. На обмотку возбуждения подается напряжение от сети 27 в. Реверсирование осуществляется изменением полярности питания якоря. Регулирование скорости вращения вала осуществляется путем изменения мощности питания, подводимого к якорной обмотке. Данный двигатель применяется в рулевом агрегате РАУ-107А (рис. 1), предназначенном для перемещения золотников гидроприводов руля направления и стабилизатора соответственно установленным законом управления.

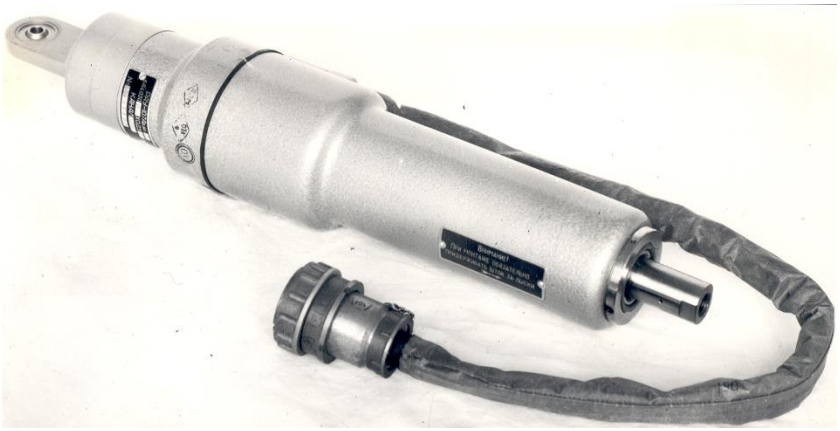


Рис.1. Рулевой агрегат РАУ-107А

Основная цель, которую призван решить данный проект, это создание стенда управления позицией РАУ-107А с помощью оборудования mitsubishi electric. Задачи, которые необходимо решить в ходе реализации этого проекта:

1) В данном устройстве электродвигатель двигает шток определенной массы, вследствие он (шток) после остановки электромотора имеет некую инерцию. Необходимо придумать закон управления, для того, чтобы точно управлять движением штока, а именно:

- точно знать положение штока;

- с высокой скоростью и точностью перемещать шток в нужное положение за конечное время.

2) Смоделировать данную систему на компьютере.

3) Рассчитать необходимые значения переменных, используемых в законе управления, в среде Matlab/Simulink.

4) Собрать готовый макет на основе оборудования Mitsubishi Electric.

Список литературы:

1. Агрегаты и режимы работы систем автоматического управления: учебное пособие Галкин Е.Ф., Шабалов П.Г. — Самара: СГАУ, 2005.

2. Рулевой агрегат управления (РАУ): рук-во по техн. Эксплуатации / ред. и компоновка материала произведена студентами Московского гос. техн. ун-та им. Н.Э.Баумана, приборостроительного фак-та, гр. ПС1-72 Гулянским А.М., Клоковым А.В., Семенчиным А.С.

3. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0. — СПб: КОРОНА принт, 2001. — 320 с.

4. Герман-Галкин С.Г. MATLAB & SIMULINK. Проектирование мехатронных систем на ПК. — СПб.: КОРОНА-ВЕК, 2008. — 368 с.

Автоматизация процессов управления микроклиматом в теплицах

С.В. Гадецкий, Р.А. Максимов, И.А. Шалай, В.А. Дятлов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

На сегодняшний день автоматизация процессов управления микроклиматом в теплицах уже не новое направление и требует перспективного отбора и модификации существующих методов.

Так, наличие большого количества различных исполнительных механизмов и высокие требования к качеству их функционирования, приводят к разработке более универсальных методов автоматизации процессов управления, и тем самым к учету все большего количества внутренних и внешних параметров. При этом стоит обязательно учитывать, для каких именно объектов непосредственно предназначены разрабатываемые системы управления.

Нами были изучены основные требования, предъявляемые к современным автоматизированным системам управления микроклиматом в тепличных комплексах, фермерских и индивидуальных теплицах.

Внедрение новейших методов автоматизации процессов управления микроклиматом позволяют значительно снижать роль человеческого фактора, т. е. трудозатраты, что позволяет получать необходимые количества требуемого ассортимента высококачественной экологически чистой сельскохозяйственной продукции при низкой себестоимости. А это является неотъемлемой частью на рынке современного товарооборота с высокой конкурентоспособностью.

Было выявлено, что основные требования в значительной степени общие для всех типов изученных теплиц и отличаются в основном приоритетами.

Основными задачами при проектировании современных автоматизированных систем управления микроклиматом является как поддержание заданного режима, так и максимальная эффективность использования возможностей применяемых исполнительных систем.

Таким образом, наиболее актуальная проблема построения автоматизированных систем управления — создание высоконадежной и энергоэкономичной теплицы с высоким качеством управления.

Разработанный нами лабораторный стенд используется при разработке алгоритмов управления исполнительными подсистемами автоматизированной системы управления микроклиматом. Основное назначение разработки — применение в образовательном процессе. Устройство позволяет вносить изменения в конструкцию и программное обеспечение. Может быть изменена конфигурация системы и состав комплекса технических средств. Автономные подсистемы позволяют создавать различные проекты и исследовать возможности устройств автоматизации.

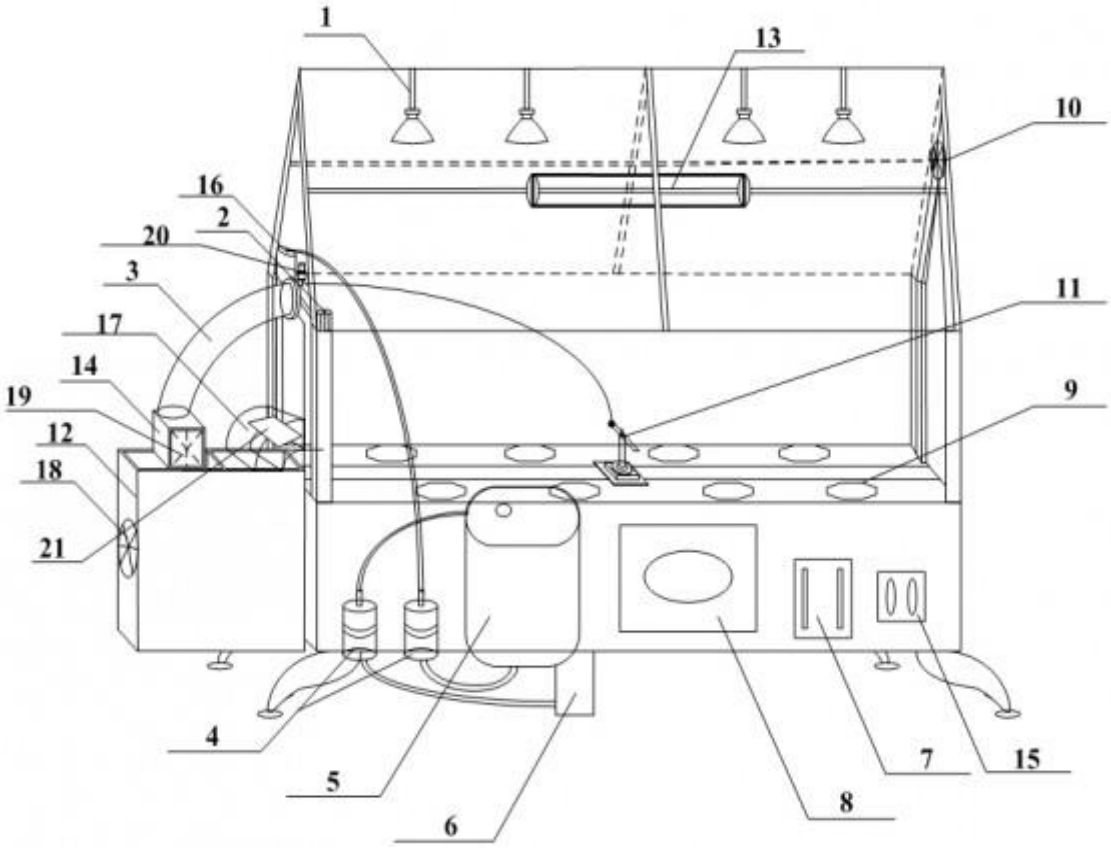


Рис.1. Устройство модели теплицы

Устройство модели теплицы показано на рис. 1. Система подготовки воздуха включает блок 12 с установленными в нем основным вентилятором, ультразвуковой системой увлажнения и заслонкой 18 с электроприводом; короб подачи воздуха 17 с заслонкой 21; систему воздуховодов рециркуляции с вентилятором 10; блок распределения воздуха 14 с перекидной заслонкой 19 и трубой ввода воздуха 3. Система освещения и отопления включает лампы накаливания 1, ультрафиолетовую лампу 13 с пускорегулирующим аппаратом 2. Система полива включает емкость для воды 5, гидронасос 4, емкость для подготовки раствора 16, электромагнитный клапан 20 и позиционирующее устройство 11 для индивидуального полива растений. Дренажная система включает систему дренажных труб, подключенных к горшкам для растений 9; емкость для сбора дренажа 6 и насос 4 с блоком питания 15. Модули управления исполнительными механизмами конструктивно оформлены в единый блок 8 с отдельным блоком питания 7.

Повышение урожайности и снижение энергопотребления являются неотъемлемыми показателями эффективности управления микроклиматом в теплицах при условии оптимальных затрат на разработку и наладку систем автоматизации.

При этом первостепенно необходимо провести анализ существующих недостатков методов и средств, применяемых для автоматизации систем управления микроклиматом в указанных теплицах.

Также немаловажно разработать ряд диагностических и испытательных систем с различным применением. Требуется апробация системы сбора и обработки данных, а также сборка испытательного стенда для аттестации создаваемых узлов АСУ и пр.

В конечном итоге все разработанные методики, модели, алгоритмы и программы могут быть применены для создания АСУ ТП теплиц различного типа, аналогично для разнообразных управляющих и диагностических систем.

Список литературы:

1. [Электронный ресурс] // URL: http://www.owen.ru/17189732 (Дата обращения 20.02.2017).
2. Ассоциация «ТЕПЛИЦЫ РОССИИ» [Электронный ресурс] // URL: http://www.greenhouses.ru/ASUMT-dlja-teplichnyh-kompleksov (Дата обращения 20.02.2017).
3. Климов В. Автоматизация тепличного хозяйства [Электронный ресурс] // URL: www.metaterm.ru/File/003.pdf.

Оценка состояния технологических процессов на АЭС с помощью программного пакета «STATISTICA» и трехкомпонентного вектора

М.Н. Галанова, И.Н. Кунянькин, Д.А. Меркулов, О.Ф. Цуверкалова

Волгодонский инженерно-технический институт — филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

Нарушения в технологических процессах предприятий могут привести к серьезным проблемам, особенно на объектах повышенной радиационной опасности таких, как атомная станция, поэтому оперативное выявление отклонений в работе оборудования является одной из первоочередных задач: непрерывный мониторинг изменения параметров позволит своевременно предотвращать нештатные ситуации.

Существующая сегодня на АЭС России система защит и блокировок, срабатывающих при достижении предельных границ параметров, не всегда позволяет оперативно реагировать на изменения в работе оборудования: в некоторых ситуациях аварийных остановов можно было бы избежать, своевременно оценив данные мониторинга и приняв меры по корректировке процесса.

В качестве одного из инструментов контроля за работой оборудования

в режиме реального времени нами было предложено использование программного модуля «Контроль качества» пакета «STATISTICA».В работах [1,2] иллюстрировалось применение возможностей модуля при анализе работы циркуляционного насоса, а также параметров конденсатного тракта системы циркводы машзала энергоблока №1 РоАЭС. Используемые статистические методы применялись как для оборудования, работавшего в штатном режиме, так и для анализа технологического нарушения, имевшего место на Ростовской АЭС в 2010 году. Проведенный анализ показал, что статистические методы контроля качества позволяют достаточно оперативно выявлять отклонения в работе оборудования, что позволяет оператору своевременно принимать решение о необходимости корректировки процесса.

Однако использование «STATISTICA» имеет и ряд недостатков, к которым следует отнести, в первую очередь, необходимость ее приобретения и внедрения в существующую информационную среду предприятия, что не всегда представляется возможным.

В качестве альтернативного подхода была рассмотрена возможность самостоятельной разработки системы показателей, позволяющей контролировать состояние технологического процесса. Как правило, аномальные ситуации в работе оборудования могут сопровождаться тремя типами отклонений: возникновение тренда, появление колебаний с большой амплитудой, изменение периода колебаний значений параметров. Для контроля процесса по текущим значениям параметров строится трехкомпонентный вектор, каждая компонента которого характеризует один из трех типов отклонений. Алгоритм построения такого вектора описывался в [2]. Там же приводились результаты тестирования алгоритма на основе условных данных.

Преимуществом такого подхода является отсутствие необходимости приобретения специализированных программных продуктов: расчет компонент вектора может быть легко реализован на базе MS Excel либо другого математического пакета, используемого на предприятии.

В данной работе возможность использования трехкомпонентного вектора иллюстрируется на примере рассматривавшегося ранее технологического нарушения, проводится сравнительный анализ результатов, полученных в программе «STATISTICA» и с использованием предлагаемой методики.

Следует отметить, что независимо от используемых подходов, любая система мониторинга на основе статистических характеристик лишь выполняет функцию информирования оператора о потенциальной разладке процесса.

Окончательное решение о необходимости внесения корректировок остается за оператором.

Список литературы:

1. Галанова М.Н., Меркулов Д.А., Цуверкалова О.Ф. Использование пакета STATISTICA для анализа качества технологических процессов. — Энергосбережение — теория и практика: Труды Восьмой Международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. (Москва, 10—13 октября 2016 г.) — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — С. 325-332.

2. О.Ф. Цуверкалова, М.Н. Галанова, И.Н. Кунянькин и др. Статистический анализ состояния технологических систем АЭС. — Электронные средства и системы управления: материалы докладов XII Международной научно-практической конференции (16–18 ноября 2016 г.): в 2 ч. — Ч. 1. — Томск: В-Спектр, 2016. — 236 с. — С. 188-191.

Настройка подсистемы измерения углового положения квадрокоптера

А.В. Вейнмейстер, А.В. Девяткин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Аннотация. *В данной работе рассматриваются вопросы реализации подсистемы инерциальных датчиков, применяемых для получения информации об угловом положении мультироторного беспилотного летательного аппарата. Рассматриваемая в данной работе подсистема инерциальных датчиков основана на МЭМС гироскопе и акселерометре, а также микроконтроллерной системе обработки данных.*

Мультироторный беспилотный летательный аппарат является сложным неустойчивым динамическим объектом, стабилизация которого и управление движением осуществляется путем задания и поддержания необходимого углового положения корпуса летательного аппарата относительно горизонта, что формирует достаточно жесткие требования к подсистеме определения углового положения в части точности и быстродействия.

Упрощенная математическая модель квадрокоптера представлена в виде трех нелинейных дифференциальных уравнений, которые являются необходимыми для описания динамики углового перемещения объекта:

$$\begin{cases} \ddot{\phi} - \dfrac{(I_{yy} - I_{zz})\dot{\theta}\dot{\psi}}{I_{xx}} = \dfrac{\dfrac{l}{\sqrt{2}}(F(u_2) + F(u_3) - F(u_1) - F(u_4))}{I_{xx}} \\ \ddot{\theta} - \dfrac{(I_{zz} - I_{xx})\dot{\psi}\dot{\phi}}{I_{yy}} = \dfrac{\dfrac{l}{\sqrt{2}}(F(u_1) + F(u_2) - F(u_3) - F(u_4))}{I_{yy}} \\ \ddot{\psi} - \dfrac{(I_{xx} - I_{yy})\dot{\phi}\dot{\theta}}{I_{zz}} = \dfrac{M(u_2) + M(u_4) - M(u_1) - M(u_3)}{I_{zz}} \end{cases}, \quad (1)$$

где $F(u_i)$ — функция зависимости силы тяги от сигнала управления, подаваемого на регулятор оборотов, $M(u_i)$ — функция зависимости аэродинамического момента винта от сигнала управления, подаваемого на регулятор оборотов; I_{jj} — моменты инерции (диагональные составляющие тензора инерции); ϕ, θ, ψ — углы Эйлера, l — расстояние от центра масс до оси вращения ротора мотора (длина луча) [4, 5].

В качестве аппаратной основы для подсистемы определения углового положения была выбрана платформа IMU с номером GY-521, основой которой является комплексный датчик MPU-6050, содержащий акселерометр и гироскоп [1].

Идентификация параметра задержки датчика была произведена с использованием платформы Simotion, позволяющей генерировать гармонические колебания с постоянной амплитудой и частотой осциляций (рис. 1).

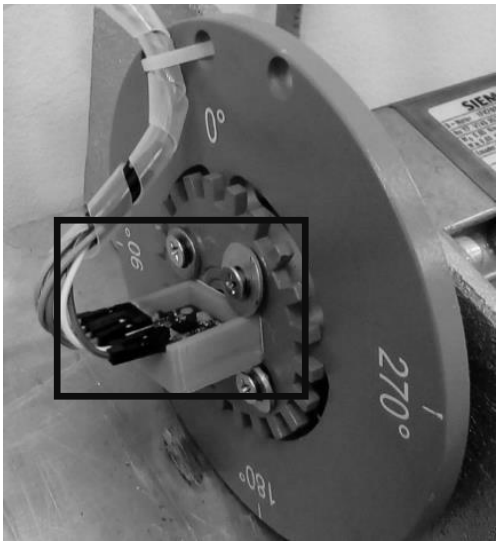


Рис. 1. Измерительный стенд

Оценка шумового фона при разных настройках датчика MPU-6050 производилась на квадрокоптере с моторной группой DJI-2312E и пропеллерами DJI-9450. Экспериментальные данные получены с настройками полос пропускания шириной 256, 188, 98, 42 и 20 Гц.

Полученные экспериментальные данные позволили произвести оценку влияний различных настроек таких фильтров, как $\alpha - \beta$ фильтр (комплементарный) и фильтр Маджвика [1]. Исследование влияния задержки сигнала и сглаживания шумов при различных настройках фильтров позволили получить оценку условий, предъявляемых к аппаратной и программной реализации подсистемы определения углового положения.

По результатам исследований получены реализации ПО связки МК-ПК по каналу UART, а также ПО для постобработки данных и проведения исследований.

Список литературы:

1. Gyroscopes and Accelerometers on a Chip [Электронный ресурс] // Geek Mom Projects. 2013. 31 марта. URL: http://www.geekmomprojects.com/gyroscopes-and-accelerometers-on-a-chip/ (дата обращения 01.03.2017).
2. Маджвик С. [Madgwick S.] An efficient orientation filter for inertial and inertial magnetic sensor arrays. — 2010.
3. Гурьянов А.Е. Моделирование управления квадрокоптером//Инженерный вестник. — 2014.
4. Люконен Т. [Luukkonen T.] Modelling and control of quadrocopter. — Aalto University/School of Science. Espoo. 2011.

Применение компьютерного зрения в задачах управления

В.А. Дятлов, С.В. Гадецкий, Р.А. Максимов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

Компьютерное зрение (техническое зрение) оформилось как самостоятельная дисциплина к концу 60-х годов. Это направление зародилось в рамках разработок искусственного интеллекта.

Системой технического зрения обычно называют совокупность аппаратных и программных средств получения, передачи, хранения и обработки изображений, включая формирование результатов требуемых измерений, необходимых для решения задач управления и анализа.

Системы технического зрения применяются во многих сферах, требующих анализа обстановки в отсутствие возможности измерения необходимых

параметров с помощью иных датчиков. Бурное развитие современных технологий в микроэлектронике привело к созданию миниатюрных и энергетически экономичных линейных и матричных приемников оптического излучения. Обладающие высокой чувствительностью и достаточно высоким уровнем пространственного и цветового разрешения данные приемники служат источниками информации при использовании различных систем с супервизорным управлением. В данной работе будут рассмотрены задачи обнаружения, определения положения объектов на изображении, их классификации и выдаче соответствующих директив системе управления.

Практическое применение чаще всего находят четыре основные группы алгоритмов распознавания:

1. Алгоритмы согласованной фильтрации с проверкой совпадения, использующие шаблоны для объектов, которые необходимо обнаружить;
2. Алгоритмы статистического распознавания образов, предусматривающие выборку изображений объектов с учетом их конкретных характеристик;
3. Алгоритмы технического зрения на основе моделей, с помощью которых сравниваются характерные признаки наблюдаемого объекта с хранящимися моделями данного изображения;
4. Нейросетевые алгоритмы, предполагающие обучение на примерах искусственной нейронной сети, имитирующей структуру мозга человека.

Данные алгоритмы имеют различную точность, гибкость и затратность по времени. Точность алгоритма в значительной степени зависит от его устойчивости различным факторам, таким как:

1. Шумовые эффекты;
2. Искажающие оптические эффекты, в виде различных расфокусировок и ракурсных искажений;
3. Эффекты смены освещения, блики, тени.

Для снижения влияния некоторых из этих факторов возможно применение различных фильтров для улучшения изображения, но это повлечет за собой увеличение времени работы алгоритма.

Задача обнаружения объекта на изображении связана с проблемой значительного роста вычислений, в отличие от задачи распознавания или интерпретации заранее сегментированного образа.

В значительной степени эффективность работы системы технического зрения зависит и от используемого оборудования. Во многом в данный момент, именно аппаратные средства и являются сдерживающим фактором

в развитии технологии компьютерного зрения.

Цифровые системы управления асинхронным электродвигателем

В.С. Захаров

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Управление автономным инвертором напряжения (АИН) с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

I) Двухуровневый автономный инвертер напряжения.

Используя различные методы модуляции, мы можем контролировать электронные ключи, с целью получения нужной амплитуды первой гармоники, частоты и качества выходных токов и напряжений. При достижении токов и напряжений с нужными параметрами стараются получить: широкий диапазон изменения коэффициента модуляции, минимальные потери на переключениях, высокий КПД преобразователя.

Рассмотрим следующие виды модуляции:

1) Синусоидальная ШИМ.
2) Синусоидальная ШИМ с предмодуляцией третьей гармоникой.
3) Векторная ШИМ.

Синусоидальная ШИМ и синусоидальная ШИМ с предмодуляцией третьей гармоникой базируются на сравнении сигналов управления с опорным сигналом (в нашем случае сигнал вырабатываемый генератором пилообразных напряжений (ГПН)).

Векторная ШИМ базируется на векторном представлении совокупности выходных напряжений инвертора и ориентирована на микропроцессорную реализацию.

Синусоидальная ШИМ. Традиционная ШИМ-модуляция, наиболее широко используема, т.к. количество ее недостатков гораздо меньше количества преимуществ.

Преимущества: простота реализации, совместимость со всеми современными устройствами.

Недостатки: невысокий коэффициент использования напряжения питания, при увеличении частоты переключения, увеличиваются потери на коммутационные процессы.

Синусоидальная ШИМ с предмодуляцией третьей гармоникой. Это моди-

фицированная ШИМ, отличающаяся от синусоидальной наличием блока предмодуляции.

Преимущества: повышение коэффициента использования напряжения в режиме максимального неискаженного выхода теоретически до 1 ($U_{лт} = U_d$).

Недостатки: появление блока предмодуляции, до сих пор не установлена процедура определения точности.

Векторная ШИМ. Этот метод базируется на векторном представлении совокупности выходных напряжений инвертора и ориентирована на микропроцессорную реализацию.

Для непрерывности тока, а также избегания короткого замыкания инвертор источника может принимать только 8 различных состояний (2х уровневый инвертор). Формирование одного и того же вектора эквивалентного напряжения может осуществляться множеством различных элементарных комбинаций выходных векторов инвертора, то есть в рамках различных алгоритмов управления. При этом алгоритмы будут отличаться друг от друга следующими показателями:

- потерями, обусловленными дискретностью работы инвертора;
- коэффициентом использования источника напряжения;
- числом коммутаций ключей инвертора за период модуляции;

Преимущества: снижение потерь на коммутационные процессы, достижение более качественных показателей выходного тока и напряжения.

Недостатки: сложность алгоритма.

II) Трехуровневый автономный инвертер напряжения.

Векторная ШИМ. Этот метод также базируется на векторном представлении совокупности выходных напряжений инвертора и также ориентирована на микропроцессорную реализацию. В данном случае ключи инвертера могут принимать уже 27 различных состояний. Данный инвертер имеет большее количество уровней на диаграммах линейного и фазного напряжений, а также позволяет получить меньший коэффициент искажения синусоидальности по току.

Список литературы:

1. Д. Грэхэм Холмс, Томас А. Липо. [D. Grahame Holmes, Thomas A. Lipo.] Pulse width modulation for power converters. Principles and practice. — Canada: A John Wiley & Sons, Inc., Publication, 2003. — 670с.

2. Г.Г.Соколовский. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. Учебник. — Издательство Москва Academa, 2006. — 265с.

Расчет силовой части лабораторной установки СТАТКОМ

М. А. Ковалева

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Проблема компенсации реактивной мощности всегда занимала важное место в общем комплексе вопросов повышения эффективности передачи, распределения и потребления электрической энергии. Правильное решение таких задач в значительной мере приводит к экономии денежных и материальных ресурсов, повышению качества электроснабжения.

СТАТКОМ представляет собой преобразователь напряжения в виде трёхфазного моста на полностью управляемых ключевых элементах, с накопителем в виде конденсатора на стороне постоянного тока.

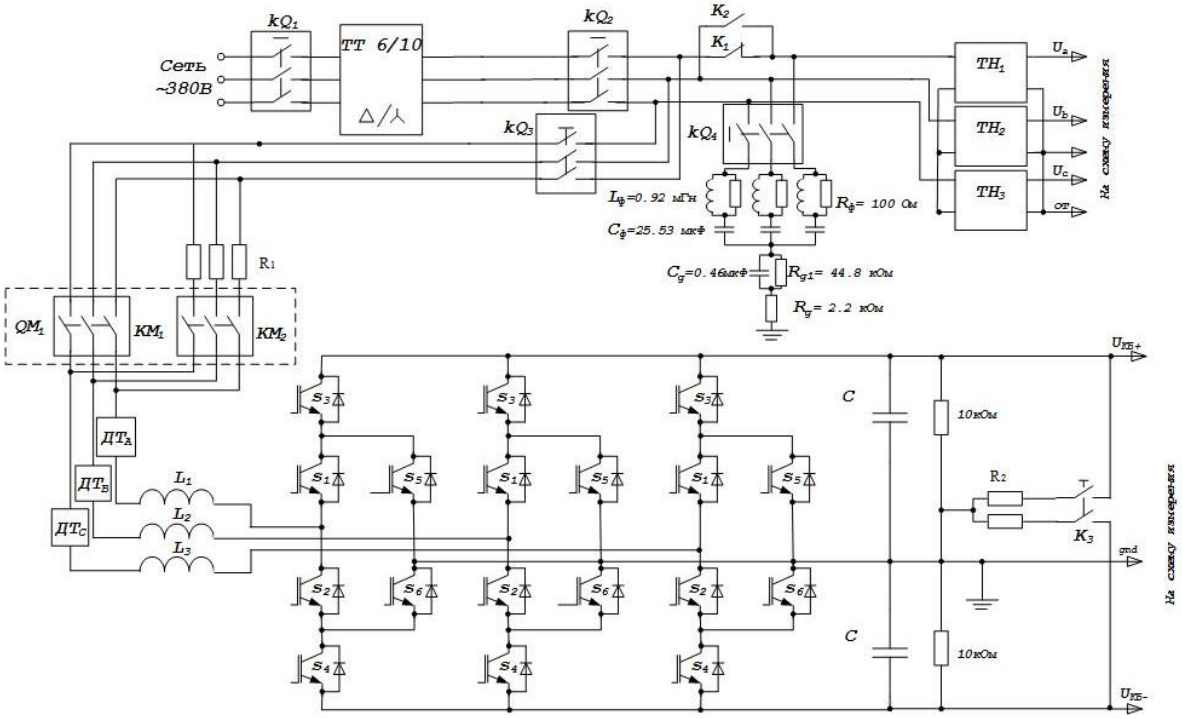


Рис.1. Схема лабораторной установки СТАТКОМа

Трехуровневый инвертор, используемый в лабораторной установке, способен создать три уровня напряжения: ноль, максимальное и половина максимального значения. Такая схема имеет преимущество только при наличии специального алгоритма управления силовыми ключами, значительно более сложного по сравнению с двухуровневым инвертором.

Каждая стойка инвертора состоит из четырех устройств коммутации и создает три переключающихся состояния: замкнуты два верхних ключа, два

средних, два нижних. Вариации этих переключений и создают алгоритм управления силовыми модулями.

В качестве силовых модулей были выбраны IGBT-транзисторы в виду ряда преимуществ: в открытом состоянии из-за модуляции проводимости они имеют очень маленькое падение напряжения и чрезвычайно большую допустимую плотность, возможность изготовления транзисторов в миниатюрных корпусах значительно снижает их стоимость, малая мощность управления и простая схема управления за счет МОП-структуры входного каскада обеспечивают возможность более простого управления, чем для приборов с токовым управлением (тиристор, биполярный транзистор) в высоковольтных и высокочастотных приложениях, широкая область надежной работы (SOA).

Поскольку силовые модули предназначены для работы в макете преобразователя напряжения, на котором будут отрабатываться всевозможные режимы, параметры силового модуля выбираются с запасом.

Критерий выбора емкости КБ «снизу» — допустимый уровень пульсаций напряжения. Повышенные пульсации напряжения увеличивают уровень воздействия напряжением на силовые транзисторы. Основным источником пульсаций на конденсаторной батарее являются пульсации напряжения средней точки КБ под действием тока нейтрали третьей гармоники.

Критерий выбора емкости КБ «сверху» — время, необходимое для разряда/заряда КБ при изменении знака мощности. Для режимов с большим размахом изменения мощности и, для режима изменения знака номинальной мощности, необходимо быстро изменять напряжение на КБ.

В ходе расчета установки были выбраны транзисторы, конденсаторы, разрядные и зарядные сопротивления. Также произведен выбор дросселей и трансформаторов напряжения.

Благодаря применению статического компенсатора СТАТКОМ появляется возможность не только гибко регулировать напряжение сети, но и увеличивать пропускную мощность имеющихся сетей за счёт оптимизации потока мощности. Улучшение кривой напряжения и другие положительные факторы после внедрения СТАТКОМ позволяют окупить это достаточно сложное оборудование.

Новый способ аппроксимации передаточной функции электромеханической системы с распределенными параметрами

А. П. Корнеев

ГУВПО «Белорусско-Российский университет»

В работе представлен способ аппроксимации механической части электромеханической системы с распределенными параметрами (СРП).

Многочисленные объекты различных областей техники представляют собой системы с распределенными параметрами [1, 2].

Основной податливый элемент системы — грузовая ветвь каната, жесткость которого намного меньше жесткости других звеньев. Поэтому поведение системы можно оценить по расчетным схемам, рассматривая канат только как упругий элемент [3].

Большое влияние на работу электроприводов оказывают упругие деформации, возникающие в системах с распределенными параметрами. При описании принимаются следующие допущения: механическая часть идеализируется как стержень, испытывающий продольные колебания, а сосредоточенные массы представляются как бесконечные скачки плотности.

Точка приложения задающего воздействия известна и является начальной точкой.

Передаточная функция движущего усилия к скорости перемещения, для любого сечения известна. Недостатком передаточной функции является наличие гиперболических тригонометрических функций.

Основными характеристиками линейных распределённых колебательных систем являются собственные частоты (собственные значения) и собственные формы (собственные функции).

При определении передаточной функции методом функциональных преобразований знаменатель передаточной функции дискретного преобразования получается в виде разложения на произведения вида (p2+ωk2), где ωk — собственная частота.

В качестве нового способа аппроксимации механической части электромеханической системы с распределенными параметрами предложен метод разложения в бесконечное произведение ($1 \le k \le \infty$) числителя и знаменателя на произведения вида (p2+ωk2).

Обрывание этого произведения осуществляется при таком k = n, что ω1,k ≤ωср и ω2,k ≤ ωср, где ωср — частота среза, при которой абсолютное значение частотной характеристики уменьшается до 0,02-0,05 от своего максимального значения и далее не превосходит этой величины [4].

В связи с тем, что в электроприводе гашение механических колебаний объекта регулирования осуществляется в основном электрической частью системы, СРП можно рассматривать как звено без затухания. Для учета затухания колебаний в СРП необходимо немного видоизменить вид функции с (p2+w2) на (p2+μpw+w2), однако определение коэффициентов затухания колебаний μ для каждой собственной частоты СРП затруднителен.

Полученная передаточная функция СРП в аналитическом виде дает возможность исследовать влияние параметров этого объекта на спектр его собственных частот. Для коррекции необходимым и достаточным является постоянное определение значений собственных частот ω1,k и ω2,k для текущей координаты СРП. Такое определение может выполняться различными математическими способами [5, 6]. При описании необходимо принять следующие допущения: СРП идеализируется как стержень, испытывающий продольные колебания, а сосредоточенные массы представляются как бесконечные скачки плотности.

Получены ЛАЧХ передаточной функции СРП и аппроксимированной передаточной функции СРП.

Рассмотрен пример реализации расчетов в MatLab. Определение корней знаменателя в общем виде не представляется возможным, поскольку оно является трансцендентным выражением. Отсутствие аналитического решения приводит к численному решению. Для расчета спектра резонансных частот при изменении массы и положения груза используется предложенная программа [7].

Список литературы

1. Башарин А. В., Будилов М. Ф., Федотовский С. Б. Параметрическая идентификация промышленных объектов с упругими связями первого и второго рода //Многомерные электромеханические системы. Межвузовский сборник.– Л.:СЗПИ.1986. С.19-29.

2. Бутковский А. Г. Методы управления системами с распределенными параметрами.– М.: Наука, 1975.– 230 с.

3. Кузовков Н. Т. Модальное управление и наблюдающие устройства. — М.: Машиностроение, 1976.– 184 с.

4. Рассудов Л. Н., Мядзель В. Н. Электроприводы с распределёнными параметрами электромеханических элементов.– Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-е, 1987.– 144 с.

5. Толочко О. І. Анализ та синтез електромеханічных систем зі спостерігачами стану. — Донецк: Норд-Пресс, 2004.– 298 с.
6. Змеу К. В., Рассудов Л. Н. Передаточные функции волновых одномерных точечно-неоднородных кольцевых объектов // Автоматика и телемеханика.– 1982.– №5.– С. 52-56.
7. Корнеев А. П., Леневский Г. С. Программа «Расчет распределения резонансных частот при различном положении и различной массе груза» зарегистрирована в Нац. центре интелл. собственности Республики Беларусь, заявка С20150095 от 02.10.2015, св-во № 827.

Электропривод миниатюрного манипулятора

А. А. Корякина, Р.С. Жучков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Аннотация. Целью данной работы является разработка цифровой системы управления приводом миниатюрного манипулятора. В рамках данной работы проведена идентификация параметров электропривода постоянного тока, создана его компьютерная модель, синтезированы законы управления приводом и реализован прототип цифровой системы управления приводом на базе микроконтроллера Atmega 2560.

В качестве объекта управления в данной работе рассматривается электропривод миниатюрного манипулятора, построенного на основе деталей образовательного конструктора «Fishertechnik». Электропривод представляет собой двигатель постоянного тока с редуктором и магнитным энкодером, расположенные в едином корпусе. Для реализации цифровой системы управления в работе применяется плата Arduino и плата силового преобразователя на базе микросхемы L9110. Внешний вид системы представлен на рис. 1.

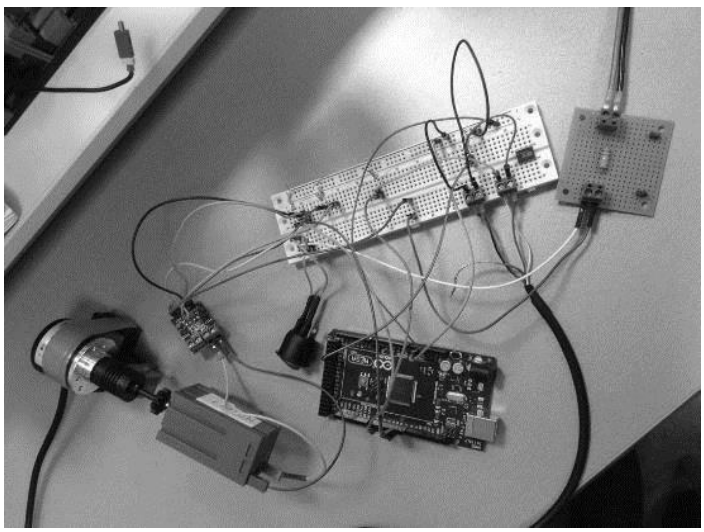


Рис.1. Электропривод с прототипом системы управления

Математическое описание электропривода с учетом приведения момента инерции, момента, развиваемого двигателем, и угловой скорости к валу редуктора имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \dot{I}_{\text{я}} = \dfrac{1}{L_{\text{я}}}(U - R_{\text{я}} I_{\text{я}} - C_e\omega) \\ \dot{\omega} = \dfrac{1}{J}(C_m I_{\text{я}} - M_c sign(\omega) - k\omega), \end{cases}$$

где $I_{\text{я}}$ — ток якоря; $L_{\text{я}}$ – индуктивность обмотки якоря; U — напряжение питания якоря; $R_{\text{я}}$ – сопротивление якоря; C_e, C_m — конструктивные коэффициенты; ω — угловая скорость вращения вала редуктора; J — момент инерции двигателя и редуктора; M_c — момент сухого трения; k — коэффициент вязкого трения.

Для определения $L_{\text{я}}$ и $R_{\text{я}}$ были использованы универсальный вольтметр, а также RLC-метр. Конструктивные коэффициенты, момент сухого трения и коэффициент вязкого трения были идентифицированы.

На основе полученных данных была построена модель в пакете моделирования «Simulink», после чего была проведена верификация всех параметров. Графики переходных процессов в модели и на реальном объекте представлены на рис. 2.

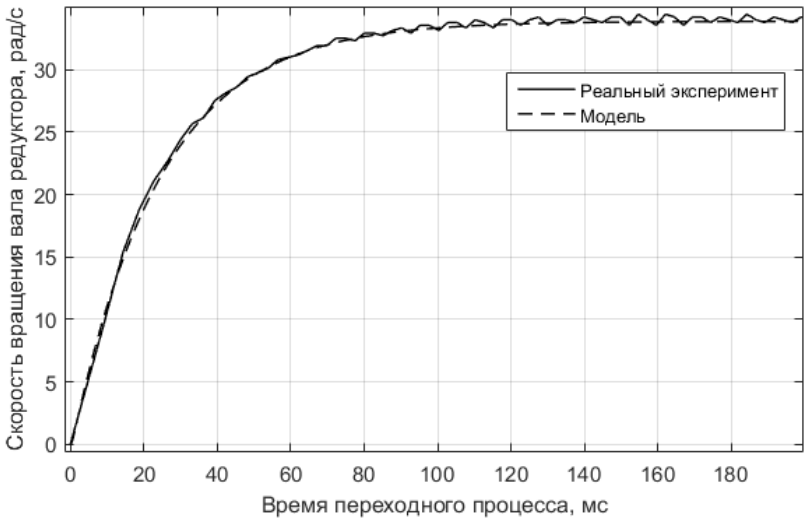


Рис. 2. Графики переходных процессов

Для построения системы управления двигателем по положению была построена двухконтурная (по положению и по скорости) следящая система. В качестве закона управления был выбран ПИД — регулятор. Разработанная система управления была реализована на микроконтроллере Atmega 2560.

Результаты данной работы в дальнейшем будут использованы в разработке интеллектуальной системы управления миниатюрным манипулятором, а также в изучении влияния различных нагрузок на электроприводы в составе данного манипулятора.

Список литературы:

1. Карнаухов. Н.Ф. Электромеханические и мехатронные системы. — Ростов н/Д: Феникс, 2006.
2. Терехов В. М., Осипов О. И. Системы управления электроприводов. — Москва: Издательский центр «Академия», 2008.

Моделирование нейросетевой системы управления динамическим объектом

А. О. Кузубов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Актуальность обусловлена повышением требований к системам управления и усложнениями алгоритмической базы. В качестве цели работы выбрано применение методов, архитектур и алгоритмов обучения нейросетей для решения прикладной задачи управления динамическим объектом. В работе решается две задачи — синтез нейросетевой системы и проверка результатов с помощью компьютерного моделирования.

Целью исследования является разработка нового встраиваемого элемента управления, способного решать задачи: изучение процессов динамического объекта и управление динамическим объектом.

Задачами исследования являются: синтез нейросетевой системы управления динамическим объектом, моделирование результатов с помощью компьютерного моделирования, оценка качества работы системы с системой управления без обучения, исследование рыночных перспектив применения синтеза нейросетевой системы и возможности развития данного подхода.

Методика проведения исследования заключалась в применении имитационного моделирования систем с последующим анализом полученных результатов. В ходе работы поэтапно были реализованы абстрактные математические модели на языке python — нейросетевой системы управления, основанной на использовании многослойного персептрона Румельхарта и системы

управления, синтезированного на основе математических абстракций процессов объекта. Проведен сравнительный анализ устойчивости, инвариантности, чувствительности и показателей качества двух систем, а также сравнительный анализ трудозатрат на синтез этих двух систем.

В качестве примера объекта для моделирования был выбран перевернутый маятник.

Список литературы:

1. Саймон Х. Нейронные сети полный курс. — Издательский дом ‘Вильямс’, 2006. — 1104 с.
2. Алексеев А.А., Имаев Д. Х., Кузьмин Н. Н., Яковлев И. Б. Теория Управления: Учеб./СПб.: Изд-во СПбГЭТУ ЛЭТИ, 1999. — 435 с.
3. Терехов В.А. Нейросетевые системы управления: Учеб. Пособие для вузов/ В. А. Терехов, Д. В. Ефимов, И. Ю. Тюкин. — М.: Высш. шк. 2002. — 183 с.: ил.

Плата преобразования сигналов системы управления активным магнитным подвесом

А.В.Лилло

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

В качестве темы доклада выбран вопрос разработки платы преобразования сигналов системы управления активным магнитным подвесом (электромагнитным подвесом) ротора высокоскоростной электрической машины. Актуальность темы подтверждается перспективностью дальнейшего развития и совершенствования рассматриваемого объекта.

Электромагнитный подвес ротора реализуется с помощью активных магнитных подшипников (АМП), в которых размещен ротор электрической машины, что даёт ему возможность вращаться фактически без трения, поскольку механического контакта между неподвижной (статором) и подвижной (ротором) частями подвеса нет.

Данный вид подшипников применяется в быстроходных машинах, работающих в условиях, где использование традиционных подшипников с механическим контактом нежелательно или недопустимо.

Для обеспечения устойчивой работы системы Активного магнитного подвеса, контроля параметров и поддержания заданных характеристик в ней применяются несколько видов датчиков.

1. Индуктивные датчики положения (датчики потока): 4 радиальных

датчика и 1 осевой датчик, фиксирующий продольные перемещения ротора.

2. Индуктивный датчик скорости.
3. Датчики температуры (термопары).

Радиальные датчики положения расположены по 2 штуки в непосредственной близости от АМП и представляют собой катушки, индуктивность которых меняется в зависимости от величины зазора между ротором и АМП. Для корректного контроля датчики располагаются в том же угловом положении, в котором расположены силовые обмотки подшипника.

Осевой индуктивный датчик так же представляет собой 2 катушки, между которыми находится металлический диск, жёстко закреплённый на роторе в плоскости его вращения. Таким образом, при перемещении ротора в этой плоскости расстояние от диска до одной из катушек увеличивается, а до другой — уменьшается, благодаря чему изменяется их индуктивность, что позволяет определять продольные перемещения.

В качестве датчиков температуры используются термопары, расположенные непосредственно в магнитных подшипниках. Они вырабатывают ЭДС, величина, которой является функцией температуры подшипников. Для повышения отказоустойчивости системы в ней имеются резервные датчики температуры и датчик скорости.

Для преобразования сигналов, повышения помехоустойчивости и контроля целостности цепи, содержащей датчики, используется плата преобразования сигналов датчиков (плата кондиционирования сигналов). Она содержит генератор частот и семь демодуляторов для преобразования сигналов от датчиков положения ротора. Генератор сигналов формирует периодический сигнал частотой 20 кГц, который проходит через датчики положения и фиксируется демодулятором. Отсутствие этого сигнала означает обрыв цепи. Питание датчиков и получение от них информации осуществляется с помощью стандартного типа сигнала 4-20 мА. ЭДС с датчиков температуры поступает на аналого-цифровой преобразователь. При отсутствии сигнала от какого-либо датчика загорается соответствующий ему индикатор на плате.

На основании изученной информации планируется разработка схемы оригинальной платы, предназначенной для питания датчиков АМП и обработки поступающей от них информации, а также дальнейшее проектирование самой платы.

Список литературы:

1. Введение в магнитные подвесы. E300/30 Шкаф электронного управления.

2. E300/30 Стойка управления магнитным подвесом. Техническая документация S2M.
3. Стоцкая, А.Д. «Разработка и исследование системы управления положением ротора в электромагнитном подвесе», Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Санкт-Петербург, 2013г — с. 5-7
4. Журавлев Ю. Н. Активные магнитные подшипники: Теория, расчет, применение. СПб.: Политехника, 2003.

Дестабилизация устойчивого положения маятника на каретке и его стабилизация в положении неустойчивого равновесия

Р. М. Миннебаев, К. Д. Викторов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Краткое вступление, постановка задачи

В связи с открытием лаборатории Mitsubishi Electric разрабатывается лабораторный стенд «Маятник на каретке». В рамках теоретической работы над макетом рассматривается частный его случай — перевернутый маятник на каретке.

Перевёрнутый маятник является классической проблемой динамики и теории управления и широко используется в качестве эталона для тестирования алгоритмов управления (ПИД-регуляторов, нейронных сетей, нечёткого управления и т. д.).

Проблема обратного маятника связана с наведением ракет, так как двигатель ракеты расположен ниже центра тяжести, вызывая неустойчивость. Эта же проблема решена, например, в сегвее (англ. Segway), самобалансирующемся транспортном устройстве. Схематический рисунок перевернутого маятника можно видеть на рис. 1

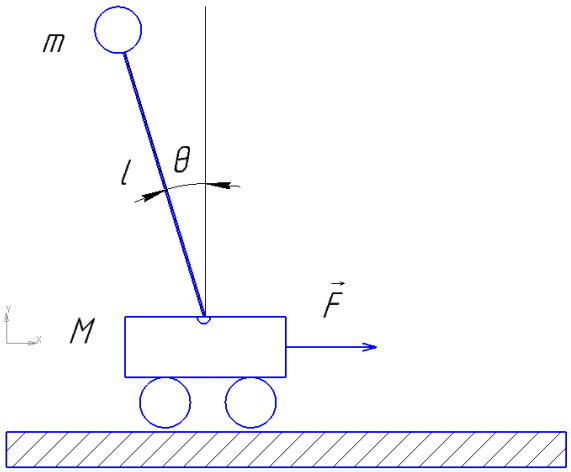


Рис. 1. Схематическое изображение перевернутого маятника

Цель работы

Целью работы является дестабилизация нижнего (устойчивого) положения равновесия маятника и стабилизация верхнего (неустойчивого) положения равновесия.

Базовые положения работы

Решение поставленной задачи необходимо начать с составления математической модели исследуемого объекта управления.

Исследование поведения выбранного объекта управления сводится к составлению структурной схемы маятника в программе MATLAB/Simulink фирмы The MathWorks, Inc.

Для дестабилизации нижнего и стабилизации верхнего положения маятника необходим синтез двух регуляторов. В представленной работе будет использован частотный метод.

Результаты промежуточных экспериментов

При проведении виртуального эксперимента системы без регулятора изначально маятник отклонен от нижнего положения равновесия на $\frac{\pi}{6}$ радиан, угловая скорость маятника, положение и скорость каретки равны нулю. Эксперимент производится без воздействия на каретку. Результаты эксперимента показывают, что без дестабилизации обратного маятника кареткой, маятник начинает совершать затухающие колебания относительно нижнего положения равновесия.

После синтеза регулятора проводится повторный эксперимент с аналогичными начальными условиями. Результат тестирования показал, что с использованием регулятора, построенного частотным методом, маятник отклонился от нижнего положения равновесия на требуемый угол, благодаря воздействиям на каретку.

При проведении виртуального эксперимента стабилизации изначально маятник отклонен от вертикального положения на $\frac{\pi}{6}$ радиан, угловая скорость маятника, положение и скорость каретки равны нулю. Результат тестирования показал, что с использованием регулятора, построенного частотным методом, система возвращается в положение верхнего равновесия, благодаря воздействиям на каретку.

Основной результат

Полученные результаты показывают адекватность выбранного метода

синтеза для рассматриваемого объекта управления. В перспективе полученный регулятор будет использован в составе системы управления лабораторным стендом на базе оборудования Mitsubishi Electrics.

Список литературы:

1. Имаев Д. Х. Синтез систем управления в среде MATLAB. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. — 124 с.
2. Душин С.Е. Теория автоматического управления: учеб. для вузов / Душин С.Е., Зотов Н.С., Имаев Д.Х. и др.; под ред. Яковлева В. Б.: Высшая школа, 2005. — 567 с.
3. Алексеев А. А., Имаев Д. Х., Кузьмин Н. Н. Яковлев В. Б. Теория управления: Учеб./ СПб.: Изд-во СПБГЭТУ “ЛЭТИ”, 1999. — 435 с.

Управление активным выпрямителем напряжения

Ю. В. Павлова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Цель: сравнительный анализ алгоритмов управления активным выпрямителем напряжения (АВН).

АВН представляет собой автономный инвертор напряжения, выполненный на силовых ключах с обратными диодами и обращенный на сторону сети переменного тока, который обеспечивает двунаправленный обмен энергии между питающей сетью и потребителем [1].

АВН могут применяться [2,3]:

1) для получения регулируемого постоянного напряжения от сети переменного с возможностью рекуперации энергии;
2) в качестве первого звена в двухзвенных преобразователях для питания двигателей постоянного и переменного тока с возможностью регулирования скорости и рекуперативного торможения;
3) для улучшения гармонического состава тока;
4) для получения желаемого значения коэффициента мощности.

Существует несколько подходов к управлению АВН, алгоритмами, основанными на контроле напряжения, являются:

- управление токами, потребляемыми из сети, по положению обобщенного вектора сетевого напряжения (далее VOC- метод с англ. Voltage Oriented Control);
- прямое управление мощностью по состоянию ключевой схемы в зави-

симости от положения обобщенного вектора сетевого напряжения (далее DPC- метод с англ. Direct Power Control) [4].

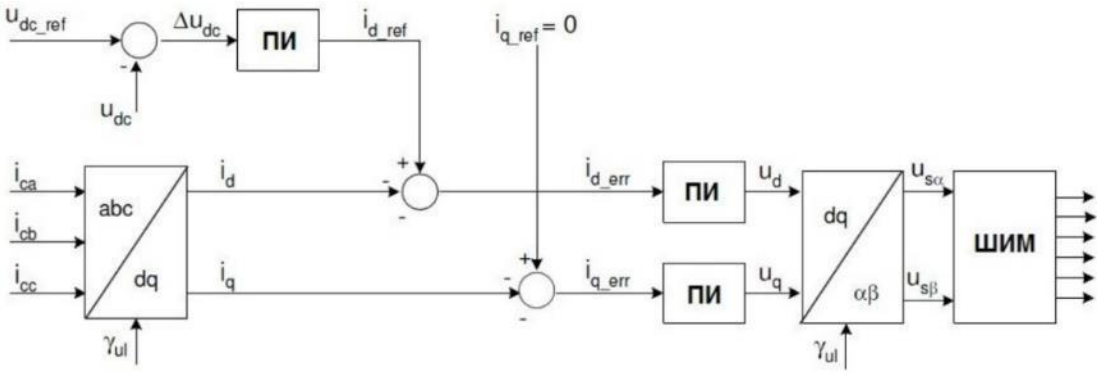


Рис.1. Функциональная схема управления токами, потребляемыми из сети, по положению обобщенного вектора сетевого напряжения (VOC)

VOC- метод построен на координатном преобразовании токов, потребляемых из сети, между двухфазной неподвижной системой координат αβ и синхронной вращающейся системой координат dq.

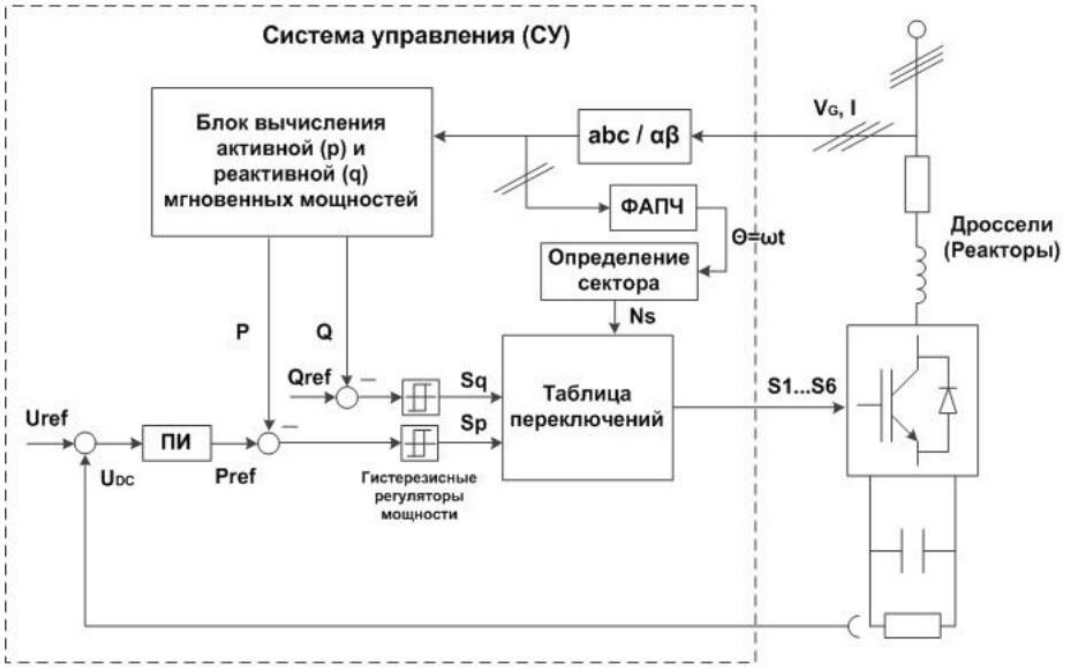


Рис.2. Функциональная схема управления токами, потребляемыми из сети, по прямому управлению мощностью (DPC)

Метод прямого управления мощностью основан на определении активной и реактивной мгновенных мощностей при помощи преобразования Кларка, которое переводит токи из трехфазной стационарной системы координат abc в двухфазную неподвижную αβ.

В результате проведенных исследований были выявлены преимущества и

недостатки каждого из методов. Преимуществами VOC-метода являются фиксированная частота переключений и использование ШИМ, а из недостатков метода можно отметить необходимость координатных преобразований, сложный алгоритм, низкий коэффициент мощности преобразователя по сравнению с DPC- методом. Достоинствами метода DPC можно назвать отсутствие отдельного блока ШИМ и координатных преобразований, хорошие динамические показатели, простота алгоритма, разделение на активную и реактивную компоненты мощности. В свою очередь недостатками этого метода являются: необходимость высокого значения частоты, а также мощного процессора и АЦП, переменная частота коммутации.

Список литературы:

1. Борисов П. А., Поляков Н. А. Синхронизация трехфазных активных выпрямителей напряжения с питающей сетью // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. — 2012, № 4 (80). — С. 55

2. Козлов М. Д. Векторное управление активным выпрямителем напряжения // Молодой ученый. — 2016, №9. — С. 184— 189.

3. Математическое моделирование и испытания опытного образца активного выпрямителя напряжения / Ефимов А. А., Базарнов А. А., Глухов В. А., Зиновьев Г. С. — Красноярск: Сиб. Федер. Университет ИКИТ, 2013. — С. 128— 134

4. Lechat Sanjuan S. Voltage oriented control of three-phase boost PWM converters. Design, simulation and implementation of a 3-phase boost battery charger. Göteborg, Sweden, 2010 — С. 11.

Разработка блока питания системы управления активным магнитным подвесом

Д.А. Панкратьев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Активным магнитным подвесом или электромагнитным подвесом называется система, в которой реализовано бесконтактное вращение ротора относительно статора электрической машины. Достигается это состояние с помощью активных магнитных подшипников (АМП). Однако систему с относительно низким значением коэффициента трения ротора так же возможно реализовать с помощью шарнирных масляных подшипников. Выбор между указанными видами подшипников осуществляется в зависимости от целевого назначения электрической машины, так как наличие масляных подшипников

создаёт необходимость в масляно-насосном оборудовании. Следует также отметить, что АМП применяются в машинах для работы при высоких скоростях, в стерильных технологиях, в вакууме, а также в других местах, не допускающих использование традиционных подшипников с механическим контактом. Одно из главных достоинств этих систем — это вращение ротора без трения.

Рассматриваемая в работе высокоскоростная электрическая машина с электромагнитным подвесом ротора, оснащенная шкафом управления, силовыми компонентами и проч., изготовлена компанией S2M (Франция), что не позволяет производить ее ремонт, диагностику, настройку и прочие технологические операции силами российских специалистов. Для решения этой проблемы предложено постепенно заменить блоки (подсистемы) электротехнического комплекса отечественными разработками. Таким образом, целью работы является разработка системы электропитания АМП для последующей интеграции в действующую систему электромагнитного подвеса.

Система бесперебойного питания (UPS) шкафа управления включает в себя систему постоянного питания (переменный ток, рабочая сеть) и систему аварийного питания от (постоянный ток, аккумуляторная батарея). В ней представлены следующие элементы: трансформатор, комплект аккумуляторов (АКБ), блок заряда аккумуляторов, выпрямители и фильтры, коробку СЕМ, три преобразователя и печатную плату с предохранителями.

UPS выдаёт питание, необходимое для системы управления и системы контроля АМП. АКБ служит резервным источником питания и в случае внезапного отключения сети способна сохранить работоспособность системы на время. Таким образом, даётся гарантия безаварийного отключения оборудования без каких-либо повреждений, выдаются сигналы тревоги, предупреждающие оператора о потере фазы, сети, а также кратковременной потере напряжения, которая не запрашивает экстренную остановку. В большинстве случаев оборудование работает в автоматическом режиме и, в случае перебоев питания, автоматически останавливает работу системы.

Рассмотрим предполагаемые к замене конвертеры. На стойке расположены три DC-DC конвертера, два из которых соединены параллельно. Соединённые параллельно конвертеры осуществляют питание модулей усилителей и имеют выходную мощность 2.5 кВт каждый при напряжении 300 В (+/- 150 В). Третий DC-DC конвертер — низковольтный преобразователь — питает низковольтную часть системы (например, систему управления) и выдаёт напряжение питание операционных усилителей, а также напряжение питания

контуров управления 4-20 мА.

Во время исследования действующей системы было установлено, что конвертер, который питает низковольтную часть, является обратноходовым понижающим преобразователем, который используют в качестве источников питания различной аппаратуры мощностью до 200 Вт. Понижающие конвертеры, как правило, понижают выходное напряжение. Выходной ток таких преобразователей зависит от нагрузки, что, в свою очередь определяет схемотехнические решения, применяемые в преобразователях. На входе подаётся 80-160 В, а на выходах +5 В, +/-15 В и +24 В. Этих напряжений хватает для работы всей системы управления.

Два других преобразователя являются повышающими. Выходное напряжение у повышающих конвертеров больше входного. Имея на входе 80-160 В, на выходе каждый из них выдаёт по 300 В.

Исходя из полученных, данных создаётся схема понижающего конвертера, который будет отвечать заявленным требованиям. Имея готовую схему, будут проводиться проверки её работы для выявления негативных влияний конвертера на питающий ток, с целью последующего исправления этих факторов.

Список литературы:

1. Введение в магнитные подвесы. E300/30 Шкаф электронного управления.
2. E300/30 Стойка управления магнитным подвесом. Техническая документация S2M.
3. Стоцкая А.Д. «Разработка и исследование системы управления положением ротора в электромагнитном подвесе», Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Санкт-Петербург, 2013. — С. 5-7
4. Журавлев Ю. Н. Активные магнитные подшипники: Теория, расчет, применение. СПб.: Политехника, 2003.

Система распознавания дорожных знаков для роботизированного комплекса на основе Arduino и Raspberry Pi

К.А. Петрова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

В настоящее время всё большую популярность приобретают системы беспилотного управления транспортными средствами, разработка которых является одним из направлений развития концепции Интернета вещей. Над созданием беспилотных автомобилей работают такие компании, как Google, Ford

Motor Company, Toyota и многие другие.

Использование подобных систем имеет ряд преимуществ. Во-первых, беспилотное управление транспортным средством позволяет исключить возможность совершения человеком непреднамеренных ошибочных действий, обусловленных его физическим и психологическим состоянием, что позволяет снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций. Во-вторых, использование подобных систем позволит снизить себестоимость продукции за счет снижения затрат на транспортировку грузов. Отдельной областью применения систем беспилотного управления является использование транспортных средств в местах, представляющих опасность для жизни и здоровья людей.

Одной из ключевых систем беспилотного управления транспортным средством является система распознавания дорожных знаков, позволяющая использовать для перемещения уже существующие автомобильные дороги. Возможность использования системы определяют такие факторы, как точность распознавания знаков, время, требующееся для обнаружения и распознавания знаков, от которого напрямую зависит возможность совершения транспортным средством необходимого маневра; возможность корректировки распознавания в зависимости от того, в какой стране используется система. Все процессы должны происходить с использованием вычислительных ресурсов системы распознавания дорожных знаков. Это позволит использовать систему в качестве отдельного модуля в различных беспилотных транспортных средствах независимо от их вычислительных ресурсов.

Целью работы является разработка системы распознавания дорожных знаков, использующей вычислительные ресурсы одноплатного персонального компьютера Raspberry Pi (далее ПК), являющегося частью роботизированного комплекса, управляемого платформой Arduino. Система должна обладать высокой точностью и скоростью распознавания, а также возможностью настройки для использования в разных странах.

ПК с помощью модуля камеры получает изображение с разрешением 1920x1080 пикселей со скоростью до 30 кадров в секунду. Программная реализация получения, обработки и распознавания изображений выполняется с использованием библиотеки алгоритмов обработки изображений, компьютерного зрения и численных алгоритмов общего назначения OpenCV (Open Source Compurer Vision Library), оптимизированной для приложений реального времени [2]. Решение задачи определения знаков осуществляется в несколько этапов.

В первую очередь необходимо выделить дорожный знак на изображении. В соответствии с особенностями организации движения поиск дорожных знаков может осуществляться в правой или левой части изображения в целях исключения ложных срабатываний алгоритма. Поиск нужных фигур осуществляется с использованием преобразования Хафа, предназначенного для поиска окружностей и прямых линий. На рисунке 1 изображено построение кривых в пространстве Хафа по набору точек. Пересечение кривых показывает, что все точки лежат на одной прямой.

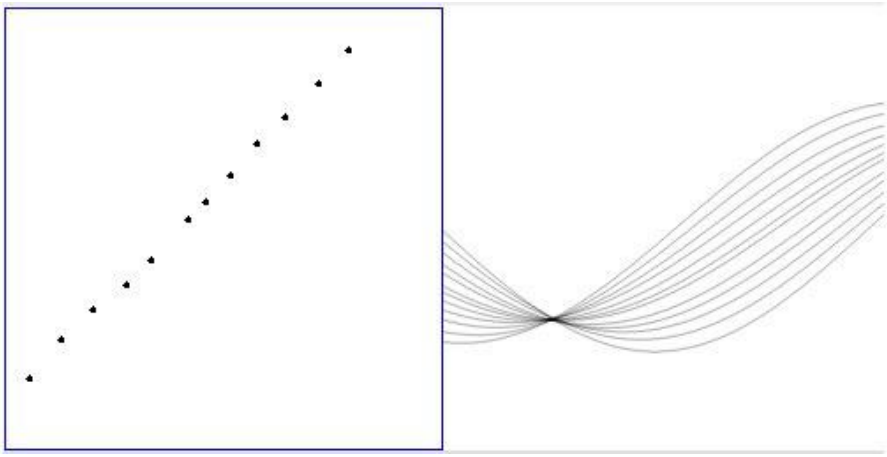


Рис.1

Для определения фигуры используется набор точек, лежащих на кривой, получаемых применением детектора границ Кенни [1]. Вложенные фигуры не учитываются при последующей обработке. На рисунке 2 пример работы детектора границ Кенни: цветное изображение знака, изображение в оттенках серого и полученные границы.

Рис.2

Следующим шагом необходимо исключить возможность нахождения объектов, похожих на дорожные знаки, но не являющихся ими. Для этого анализируется интенсивность цветовых каналов внутри обнаруженного контура и распределение интенсивностей в различных областях контура [1]. Это позволяет не только определить, является ли объект знаком, но и разделить знаки на подгруппы по форме и цвету, что увеличивает точность распознавания. Изображение объекта вырезается и масштабируется.

Последним этапом является анализ изображения с помощью нейронной сети, настроенной на работу с определенной подгруппой знаков. На входы нейронных сетей подаются средние значения интенсивностей каналов цветного изображения и изображения в оттенках серого. Выходами нейронной сети являются коды дорожных знаков [1].

Результатом работы является система обнаружения дорожных знаков, функционирующая на одноплатном ПК Raspberry Pi в режиме реального времени и вырабатывающая сигналы для беспилотного роботизированного комплекса под управлением Arduino.

Список литературы:

1. Л. Шапиро, Дж. Стокман [L. Shapiro, G.Stockman] Компьютерное зрение // пер. с англ. — 2-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 752 с.
2. Г. Брадски, Э. Кэхлер [G. Bradski, A. Kaehler] Learning OpenCV — Sebastopol: O'Reilly Media, Inc, 2008. — 555 с.

Разработка и исследование системы управления плоскошлифовальным станком

И. А. Рааб, В. О. Осипов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Объектом исследования является система управления плоскошлифовального станка модели 3Л722. Этот станок предназначен для работы периферией и торцом плоскошлифовального круга при обработке плоских поверхностей, а также профилированным кругом для обработки фасонных поверхностей.

Плоскошлифовальный станок относится к классу плоскошлифовальных станков с горизонтальным шпинделем. На рисунке 1 изображена схема такого типа станка с направлениями движущихся частей станка.

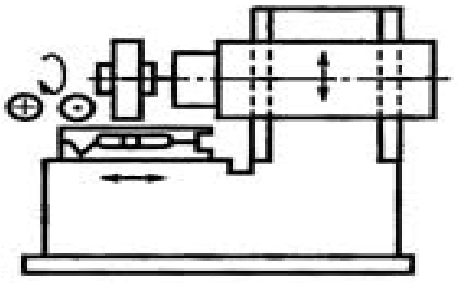


Рис.1. Плоскошлифовальный станок с горизонтальным шпинделем

Для придания движения в основных направлениях используются различные приводы и датчики. В настоящее время в роли датчика положения применяется сельсин-датчик, из-за чего используется аналоговый сигнал управления.

Несмотря на то, что станок способен с достаточным качеством выполнять обработку поверхностей, его надёжность снижается устаревшей системой управления, которую починить будет сложно и связано это с тем, что некоторые блоки системы управления не производятся.

Для решения этой проблемы необходимо разработать возможные способы повышения надёжности управляющих систем для станка. Основными проблемами являются:

1. Система управления на базе Логики-Т,
2. Устаревшие датчики положения, имеющие аналоговый сигнал,
3. Панель управления, которая не корректно функционирует.

Данная работа посвящена детальному анализу проблем, возникающих при замене устаревшей системы управления и разработке структуры новой системы управления на базе современных средств автоматизации, а также разработке алгоритмов управления.

Список литературы:

1. Зубарев, Ю.М. Теория и практика повышения эффективности шлифования материалов. [Электронный ресурс]: Учебные пособия / Ю.М. Зубарев, А.В. Приемышев. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2010. — 304 с.
2. Станки плоскошлифовальные с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем 3Л722А, 3Л722В, 3Л722В-70, 3Л722В-80, 3Л722В-001, 3Л722В-002: Руководство по эксплуатации электрооборудование. — Станкоимпорт. — Москва. —21 с.

Разработка лабораторного стенда для исследования характеристик сервопривода

Т. М. Сагаян

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Малогабаритные быстродействующие сервоприводы широко используются в современных системах управления подвижными объектами: рулевыми системами летательных аппаратов, автоматическими манипуляторами, роботами с подвижными конструктивными элементами и др.

Для корректного выполнения процедуры синтеза системы управления такими объектами требуется информация о параметрах используемого сервопривода. Производители бюджетных миниатюрных сервоприводов в большинстве случаев не предоставляют подробную информацию о своих изделиях, ограничиваясь лишь значениями максимального момента, скорости и номинального напряжения питания. Целью данной работы является разработка стенда для идентификации параметров и исследования систем управления сервоприводами малой мощности.

Для проведения исследований характеристик сервопривода был спроектирован программно-аппаратный комплекс, состоящий из

- платформы, на которой размещен вал с инерциальной нагрузкой и оптическим энкодером;
- микроконтроллерного устройства управления;
- персонального компьютера со специальным программным обеспечением для визуализации и первичной обработки данных.

Инерциальная нагрузка представляет собой диск с отверстиями для крепления дополнительных грузов (изменения момента инерции). Также в конструкции предусмотрена возможность крепления груза на подвесе для имитации, помогающей или противодействующей нагрузки. На рис. 1 представлена трехмерная компьютерная модель платформы, разработанная в среде КОМПАС-3D. Микроконтроллерное устройство управления обеспечивает передачу сигнала управления сервоприводу в виде импульса с изменяемой шириной, обработку сигналов энкодера и обработку сигналов с резистивного датчика, расположенного внутри рассматриваемого сервопривода, а также обеспечивает обмен данными с персональным компьютером. Микроконтроллерное устройство управления было реализовано на базе лабораторного стенда IE-NX-DSPIC30F. Программное обеспечение данного стенда состоит из двух составляющих: программного обеспечения для микроконтроллера, написанного на языке Си в среде MPLAB X, и программного обеспечения для персонального компьютера, реализованного с помощью математического пакета MATLAB.

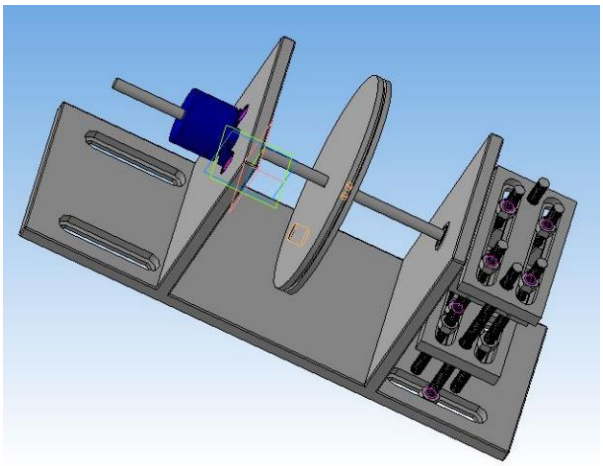


Рис. 1. Трехмерная модель платформы

С помощью разработанного комплекса проведен ряд исследований характеристик сервопривода модели DS3218mg, направленный на определение погрешности позиционирования сервопривода при различных значениях момента инерции и действии возмущающих моментов, а также на выявление потенциала модернизации системы управления сервоприводами с целью улучшения его характеристик.

Помимо исследования характеристик сервоприводов стенд позволяет идентифицировать параметры двигателей постоянного тока, такие как: момент инерции методом свободного выбега, исследование механических характеристик ДПТ, снятие статических характеристик в системе генератор-двигатель.

Список литературы:

1. Microchip dsPIC30f Family Reference Manual.
2. А. Ю. Котов, А. С. Мальцев, А. А. Нестеров и др. Разработка и идентификация модели сервопривода на основе экспериментальных данных //Автометрия. 2013. Т.49. № 6 .
3. Хусаинов Р., Качалов А., Степанов А. Комплекс стенового оборудования «Сервопривод и система стабилизации» //Электроника НТБ. 2011. №7. . — С. 124-125.

Математическое моделирование индукционных систем с холодным тиглем

И. Н. Скриган, Д. Б. Лопух, А. В. Вавилов, А. П. Мартынов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Актуальными задачами ядерной энергетики являются иммобилизация высокоактивных отходов (ВАО) и безопасность ядерных реакторов. Одним из эффективных методов остекловывания ВАО и проведения исследований по

тяжелым авариям ядерных реакторов является индукционная плавка в холодном тигле (ИПХТ) [1, 2]. Как известно, математическое моделирование позволяет оптимизировать параметры и конструкцию печей ИПХТ и позволяет уменьшить затраты на проведение экспериментальных исследований. Кроме того, при проектировании установок необходимо иметь представление о параметрах плавки, требованиях к частоте тока, мощности и другим параметрам источника питания.

В СПбГЭТУ «ЛЭТИ» на кафедре ЭТПТ авторами разработаны и верифицированы три численные модели печей ИПХТ: в программном пакете COMSOL разработана 3D электромагнитная (ЭМ) модель; в программном пакете ANSYS разработана 2D электрогидродинамическая (ЭГД) одночастотная и двухчастотная модели [2, 4]. На рис. 1 представлены результаты 3D моделирования печи ИПХТ диаметром 300 мм для плавки боросиликатного стекла на частоте тока 1,76 МГц.

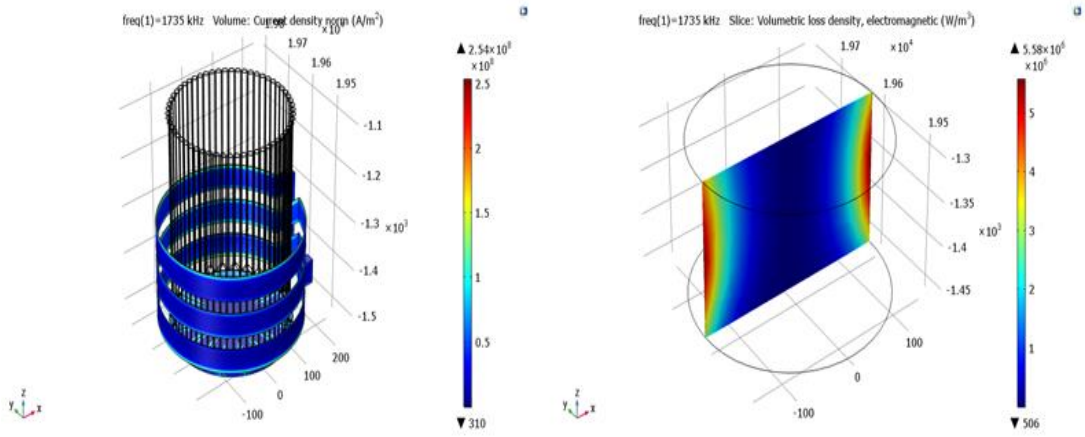


Рис. 1. Распределение плотности магнитного потока в индукторе и дне тигля (слева) и распределение источников тепла в ванне расплава (справа) 3D COMSOL

На рисунке 2 представлены результаты расчетов по оптимизации печи ИПХТ с конусным тиглем, разработанной на кафедре ЭТПТ для остекловывания ВАО, содержащих благородные металлы [3].

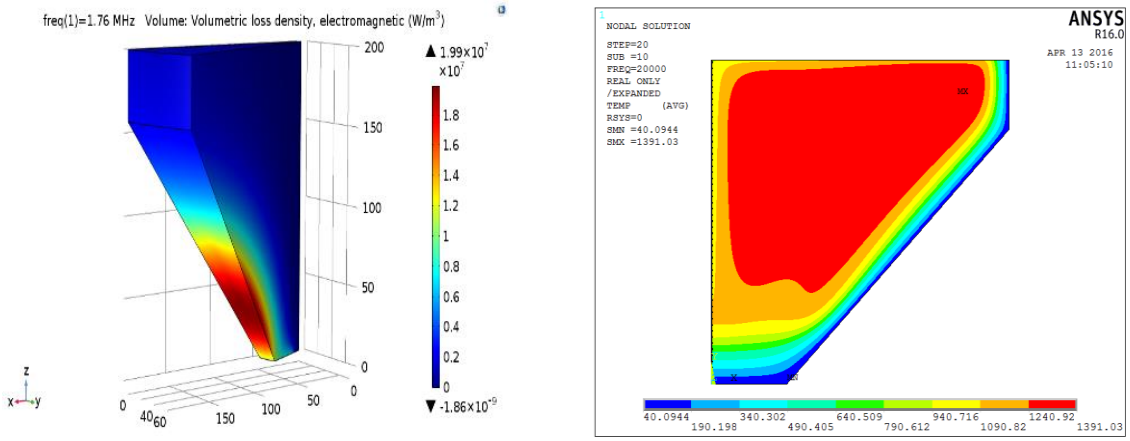


Рис. 2. Распределение источников тепла в ванне расплава (слева) и распределение температуры внутри ванны расплава (справа) 2D ANSYS

Сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными показывает, что для получения электрических параметров печи ИПХТ с наименьшей погрешностью целесообразно использовать 3D ЭМ модель. Отклонение расчётного значения индуктивности индуктора от измеренного не превышает 1,7 %. Однако, для получения более точного распределения источников тепла, температурного поля и поля скоростей в ванне расплава в рамках рассмотренной модели, целесообразно использовать 2D ЭГД модель. Также имеется возможность дать количественную оценку толщине донного гарнисажа, что определяет и обеспечивает условия самостоятельного донного слива расплава из тигля.

Планируемая разработка 3D магнитогидродинамической модели, на основе разработанной 3D ЭМ модели, позволит учитывать большинство ЭМ эффектов при ИПХТ проводящих материалов.

Список литературы:

1. Лопух Д.Б. Разработка технологии и оборудования для отверждения имитаторов радиоактивных отходов методом индукционной плавки в холодных тиглях: Диссертация кандидата технических наук: / ЛЭТИ. Ленинград, 1987. 294 с.

2. Лопух, Д.Б. Современные направления и новые результаты исследований индукционной плавки в холодном тигле // Индукционный нагрев. — 2008.№ 6. — С. 27-37.

3. Д. Б. Лопух, И. Н. Скриган, И. А. Запорожский и др. Исследование работы индукционной печи с холодным тиглем для остекловывания высокоактивных отходов, содержащих благородные металлы. // 69-я НТК ППС университета: Сборник докладов. СПб, 26 января — 4 февраля 2016 г. / СПбГЭТУ ЛЭТИ, СПБ, 2016. — С. 182-186.

4. Д. Б. Лопух, Б. С. Полеводов, С. И. Чеплюк, и др. Численная 2D электрогидродинамическая модель индукционной варки стекла в холодном тигле при двухчастотном нагреве / Д. Б. Лопух и др. // Индукционный нагрев. — 2011.–. №1. — С. 23-28.

Синтез функционального наблюдателя состояния на примере двухмассовой электромеханической системы

М. В. Степанова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

В широком классе замкнутых систем автоматического управления для формирования управляющего воздействия используется информация о векторе состояния системы. Если указанная система является полностью управляемой, то посредством линейной отрицательной обратной связи по вектору состояния можно задать желаемые динамические свойства замкнутой системы, например, методами модального синтеза или решения задачи квадратичной оптимизации. На практике реализация обратной связи по вектору состояния затруднена, поскольку, как правило, для непосредственного измерения доступны только отдельные компоненты вектора состояния или их линейные комбинации. Установка дополнительных датчиков, измеряющих остальные переменные состояния, может быть физически нереализуема, приводить к неоправданному увеличению стоимости или сложности синтеза системы управления ввиду необходимости учета динамических свойств датчиков. Таким образом, задача восстановления неизмеряемых переменных состояния по известным значениям входов и выходов системы автоматического управления является одной из фундаментальных в теории автоматического управления. Эта задача находит свое решение в рамках теории асимптотических наблюдателей состояния.

Для полностью наблюдаемой линейной стационарной динамической системы, описываемой системой уравнений

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}u \\ \mathbf{y} = \mathbf{C}\mathbf{x} \end{cases}, \qquad (1)$$

где $\mathbf{x} \in \mathbf{R}^n$, $\mathbf{y} \in \mathbf{R}^m$ и u — вектор состояния, выхода и скалярное управляющее воздействие соответственно; $\mathbf{A}$, $\mathbf{B}$ и $\mathbf{C}$ — постоянные матрицы системы, входа и выхода соответственно, наблюдатель состояния полного порядка описывается системой уравнений

$$\begin{cases} \dot{\hat{\mathbf{x}}} = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}} + \mathbf{B}u + \mathbf{H}\left[\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}\right] \\ \hat{\mathbf{y}} = \mathbf{C}\hat{\mathbf{x}} \end{cases}, \qquad (2)$$

где $\hat{\mathbf{x}} \in \mathbf{R}^n$ — вектор состояния наблюдателя; $\mathbf{H} \in \mathbf{R}^n$ — вектор коэффициентов усиления корректирующих воздействий, который подлежит определению. Процедура синтеза такого асимптотического наблюдателя состояния полного порядка разработана и схожа с задачей модального синтеза.

Основным недостатком асимптотического наблюдателя состояния полного порядка является избыточная размерность, которая ведет к удвоению размерности замкнутой через наблюдатель состояния системы. Процедура понижения порядка асимптотического наблюдателя на число выходов предложена Люенбергером. Однако, в некоторых приложениях даже его размерность оказывается недостаточно мала для практической реализации системы управления в условиях ограничения на вычислительные мощности.

В работе проведено исследования функционального наблюдателя минимального порядка, определяемого согласно [1] индексом матрицы наблюдаемости ν, на примере двухмассовой электромеханической системы четвертого порядка с двумя измеряемыми переменными состояния. Функциональной наблюдатель обеспечивает восстановление не отдельных компонент вектора состояния, а их линейную комбинацию, требуемую для формирования скалярного управляющего воздействия в системе (1)

$$\sigma = \mathbf{K}\mathbf{x}. \tag{3}$$

При этом дифференциальные уравнения, описывающие функциональный наблюдатель, восстанавливающий скалярный функционал (3), имеют вид

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{z}} = \mathbf{D}\mathbf{z} + \mathbf{E}\mathbf{y} + \mathbf{G}u \\ \hat{\sigma} = \mathbf{P}\mathbf{z} + \gamma\mathbf{y} \end{cases}, \tag{4}$$

где $z \in R^{\nu-1}$; $\mathbf{D}$, $\mathbf{E}$, $\mathbf{G}$, $\mathbf{P}$ и γ — постоянные матрицы соответствующих размерностей.

В работе показано, что для исследуемой двухмассовой электромеханической системы для реализации алгоритма управления с наблюдателем полного порядка требуется синтез динамической системы четвертого порядка, наблюдателем Люенбергера — второго порядка; функциональным наблюдателем — первого порядка. Синтез проведен в предположении известности структуры и параметров объекта управления.

Список литературы

1. Кузовков Н. Т. Модальное управление и наблюдающие устройства. — М.: Машиностроение, 1976. — 184 с.

2. Коровин С. К., Фомичев В. В. Наблюдатели состояния для линейных систем с неопределенностью. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 224 с.

Сравнение энергосберегающих источников света с точки зрения влияния на сеть

О.В. Стрельцова, А.С. Бондарь

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

В настоящее время в общественных зданиях в качестве источников освещения очень широко распространены потолочные светильники 4х18 Вт. В последнее время распространены модификации таких светильников, в первую очередь, светильники с электронной пускорегулирующей аппаратурой (ЭПРА) и светодиодные. В данной работе рассматривается влияние этих типов светильников на качество электрической энергии с целью определения оптимального выбора источника света.

Исследование проводилось с помощью анализатора качества электроэнергии Siemens Oscillostore P 513. Результаты измерений обрабатывались в программе Microsoft Excel. В ходе работы были исследованы показатели следующих светильников:

- люминесцентный светильник с электромагнитной пускорегулирующей аппаратурой (ЭМПРА),
- люминесцентный светильник с ЭПРА,
- светодиодный светильник, имеющий блок питания (LED драйвер).

Энергетические характеристики исследуемых светильников представлены в таблице 1.

Таблица 1

Энергетические характеристики светильников

Тип светильника	**Мощности светильников и cos(φ)**			
	Активная, Вт	Реактивная, Вар	Полная, ВА	cos(φ)
С ЭМПРА	70	28	75	0,92
С ЭПРА	64	20	67	0,95
Светодиодный	39	10	40	0,97

Обработанные результаты измерений представлены на рис. 1 и 2. На рис. 1 изображена гистограмма с гармоническими составами тока, потребляемого люминесцентными и светодиодным светильниками, на рис. 2 показаны

осциллограммы их токов. Как видно из рис. 1, у люминесцентных светильников с ЭМПРА и ЭПРА гармонический состав очень близок.

Наибольший уровень по отношению к первой гармонике у светильника с ЭМПРА имеют 9-я (19%) и 3-я (14%), также заметно выделяются 7-я (13%) и 5-я (12%). Что касается люминесцентного светильника с ЭПРА, то из гармоник выделяются 3-я (19%), и 5-я (13,5%). Уровни гармоник с номерами выше 20, пренебрежимо малы.

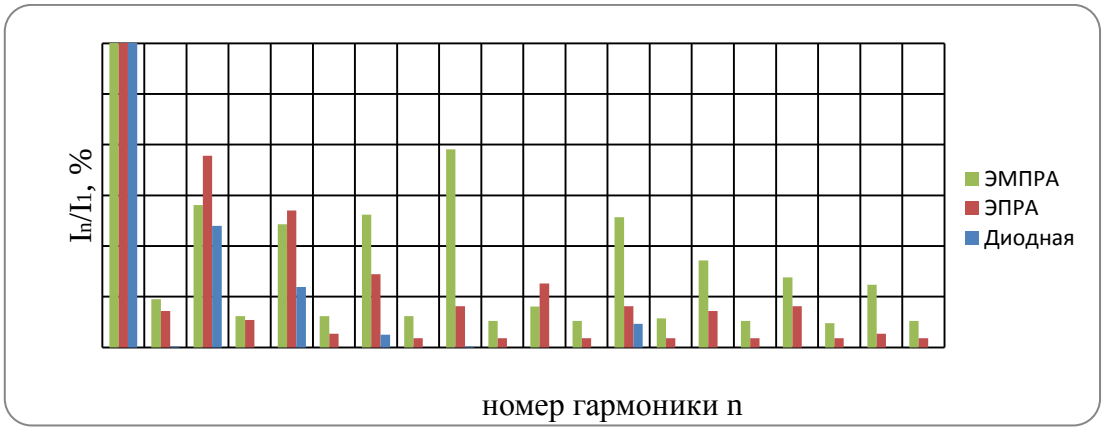


Рис.1. Гармонический состав потребляемых токов

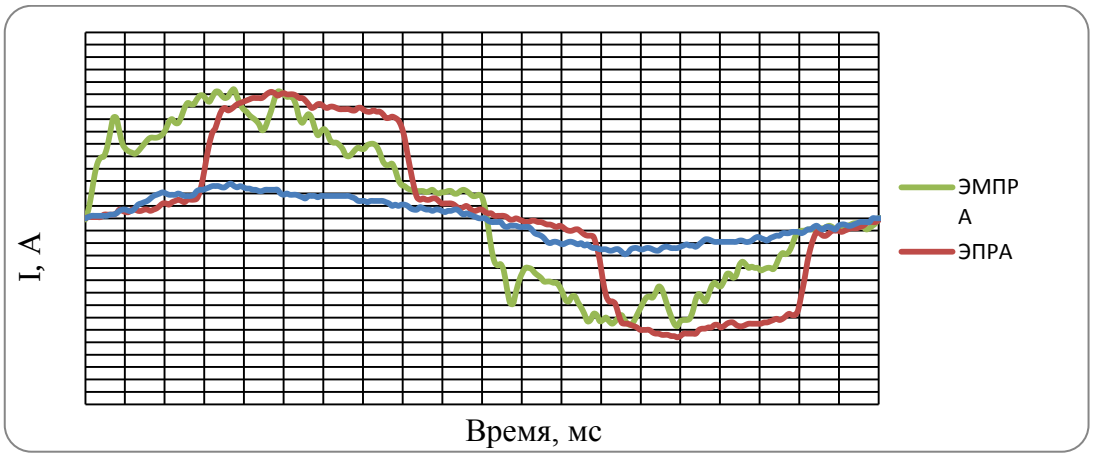


Рис.2. Осциллограммы потребляемых токов

По результатам сравнительного анализа можно сделать выводы о том, что в токе люминесцентных светильников присутствуют гармоники, кратные трем, которые особенно выделяются у светильника с ЭМПРА, что приводит к искажению синусоидальности напряжения, а также, при симметричной загрузке фаз, к возникновению тока в нулевом проводнике, а у светодиодного все гармоники после 3-й существенно меньше. Мощность, потребляемая люминесцентными светильниками, примерно одинакова, светодиодным — существенно меньше. Поэтому оптимальным вариантом с точки зрения энергоэффективности является светодиодный светильник, кроме того, он экологически

безопасен, так как не содержит ртутные пары.

Список литературы:

1. ГОСТ 30804. 4. 30 — 2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии [Текст]. — Москва: Изд-во Стандартинформ, 2014. — 52 с.

Способы оптимизации расчета магнитной цепи асинхронной машины

И.С. Тимонин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

В процессе проектирования электрических машин возникает необходимость проведения ряда расчетных исследований с помощью ЭВМ.

В данной работе была разработана программа на языке MATLAB позволяющая анализировать влияние геометрии размеров клиновидных зубцов асинхронной машины АМ на МДС зубцовой зоны ротора. Учтено влияние ответвления потока в паз, при индукции выше 1,8 Тл, а также неравномерность ее распределения по зубцу ротора, что для ручного счета представляет архисложную задачу и требует большого количества времени. По этой причине в расчетной практике инженера обычно применяются упрощенные методы, а не использование ЭВМ.

Пример расчета магнитной цепи асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Справочные данные:

Тип двигателя 4А315М4УЗ. Данные, полученные согласно расчету по формулам, приведенным в литературе по проектированию.

$B_{zmax} = 2.0$ Тл, $B_{zmin} = 1.2$ Тл, $B_{zcp} = 1.6$ Тл, $b_{zmax} = 12.46$ мм, $b_{zmin} = 7.46$ мм, $\upsilon = \frac{b_{zmax}}{b_{zmin}} = \frac{12.46}{7.46} = 1{,}67$, $l_z = 0.342$ м, $t_{z1} = 17.36$ мм.

Используется холоднокатаная изотропная электротехническая сталь марки 2312, для зубцов ГОСТ 21427.2-83. По имеющимся данным расчета двигателя произведен расчет МДС зубцов ротора. При программном расчете были получены следующее данные МДС зубцов ротора, для различных расчетных методов (таблица 1).

Пусть:

F_{zsim} [А/м]-МДС (По методу Симпсона.)

F_{z1} [А/м]-МДС (Численным методом без учета ответвления потока в паз.)
F_{z2} [А/м]-МДС (Численным методом с учетом ответвления потока в паз.)
δ_{sim}[%]- Ошибка расчета по методу Симпсона
δ_1[%]- Ошибка расчетов численным методом без учета ответвления потока в паз

Таблица 1

F_{zsim} [А/м]	F_{z1} [А/м]	F_{z2} [А/м]
187.9518	144.7386	136.1179

Далее проведено исследование по выявлению влияния геометрии поперечного сечения зубца на увеличение ошибки расчета МДС зубцов ротора. Результаты представлены в таблице 2. Ошибка расчетов численным методом с учетом ответвления потока в паз была принята равной нулю.

Таблица 2

b_{zmax} [мм]	b_{zmin} [мм]	υ	F_{zsim} [А/м]	F_{z1} [А/м]	F_{z2} [А/м]	δ_{sim} [%]	δ_1 [%]
12,46	12,46	1,00	53,15	53,15	53,15	0,00	0,00
12,46	10,46	1,19	67,41	66,39	66,39	1,54	0,00
12,46	8,46	1,47	105,96	96,89	96,89	9,37	0,00
12,46	7,46	1,67	187,95	144,74	136,12	38,08	6,33
12,46	7,00	1,78	278,89	197,72	167,62	66,38	17,96
12,46	6,80	1,83	337,18	273,31	184,30	82,96	48,30

Из таблицы 2 следует, что для прямоугольного паза вполне приемлемы все виды расчетов, но при увеличении отношения $\upsilon = \frac{b_{zmax}}{b_{zmin}}$ до 1,6 ошибка становится существенной, и следует применять численные расчеты. При этом важно отметить, что не учитывать ответвление потока в паз можно вплоть до момента пока отношение $\upsilon = \frac{b_{zmax}}{b_{zmin}}$ не станет больше 1,8, что, кстати, символично, так как ответвление потока в паз, вследствие насыщения стали магнитным потоком, проявляется с индукции B_z >1,8 Тл.

Также следует отметить, что программой предусмотрен расчет и при иных марках электротехнической стали, например марке 2013. При этом ошибка изменяется приблизительно таким же образом. Данный факт свидетельствует об универсальности программы, возможности ее использования и для других двигателей с иными исходными данными и конструкционными параметрами. Программа также универсальна и в плане дополнения и совершенствования расчета.

Список литературы:

1. Копылов И.П. Проектирование электрических машин: учебник для студентов выс. техн. учеб. заведений // И.П. Копылов, Б.К. Клоков, В.П. Морозкин, Б.Ф. Токарев; Под ред. профессора Копылова И.П.. — 4–е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 2005.
2. Гольдберг О.Д. Проектирование электрических машин: Учебник для студентов выс. техн. учеб. заведений // О.Д. Гольдберг, Я.С. Гурин, И.С. Свириденко; Под ред. Акад. АЭН РФ, д-ра техн. наук, профессора О.Д. Гольдберга. — 2–е изд., перераб. — М.: Высш. шк., 2001.
3. Касьяненко М.Г. Аппроксимация кривых намагничивания электротехнической стали 2013 и использование результатов аппроксимации при проектировании электрических машин // Выпускная квалификационная работа бакалавра Санкт-Петербург 2016.
4. Хвостов В.С. Электрические машины: Машины постоянного тока: Учебник для студентов выс. техн. учеб. заведений//Под ред. И.П. Копылова. — М.: Высш. шк., 1988.
5. Методы расчета магнитной цепи электрических машин [Электронный ресурс] URL:http://www.induction.ru/library/book_001/glava3/3-7.html (дата обращения:02.02.2017).
6. Отчет по «производственной» практике: Автоматизация расчета магнитной цепи асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.// Тимонин И.С., Матюхов В.Ф, СПб, 2017.

Разработка лампового генератора донного сливного устройства повышенной надежности для остекловывания высокоактивных отходов

В.А. Тоскунов, А.П. Мартынов, Д.Б. Лопух, А.В. Вавилов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

С развитием атомной энергетики возникла необходимость захоронения радиоактивных отходов (РАО). На современном этапе одним из наиболее перспективных и эффективных методов иммобилизации РАО является остекловывание методом индукционной плавки в холодном тигле (ИПХТ) [1, 2].

Создание печей ИПХТ является сложной инженерной задачей, поскольку в них реализуются процессы синтеза стекла, гомогенизации и слива расплава. Согласно современной концепции построения установок остекловывания РАО методом ИПХТ [3] реализуется донный слив стекломассы, в основном обеспечиваемый активным сливным устройством гарнисажного индукционного типа, (рисунок 1), со своим источником питания от отдельного лампового генератора, частота которого на много выше частоты тока основного генератора печи.

Целью работы являлась разработка лампового генератора для гарнисажного сливного устройства, производство которого авторам не известно. На основании проведенных исследований выявлены необходимые характеристики данного источника питания: его мощность, частота тока, глубина регулировки параметров. Наиболее близкими параметрами требуемого генератора являются: частота тока 13,56 МГц и 27,12 МГц и колебательная мощность от 15 кВт. Произведенные расчеты показали, что верхний диапазон частоты дает наилучший индукционный нагрев стекла в сливном устройстве для среднемасштабных печей ИПХТ.

В настоящее время требуются крупномасштабные плавители. Для их работы необходим ламповый генератор с частотой тока 13,56 МГц и колебательной мощностью 25 кВт. Поскольку подобное сочетание частоты тока и мощности источника не позволяют использовать транзисторные генераторы, данный генератор проектируется с использованием мощных генераторных ламп последнего поколения в металлокерамическом корпусе с магнитной фокусировкой электронного пучка.

Рис. 1. Вид сливного устройства при сливе расплава стекла

Рис. 2. Вид генератора с индуктором и конденсаторной батареей

Генератор выполнен в виде шкафа, в котором в отдельном экранированном отсеке размещен блок генератора с генераторной лампой. Под ним расположена система охлаждения и накала лампы, над ним — блоки автоматики и управления.

К настоящему времени в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» на кафедре ЭТПТ ведутся работы по сборке и монтажу такого нового источника питания. На данный момент собран шкаф генератора, изготовлен и смонтирован алюминиевый корпус для размещения в нем высокочастотных элементов, а также выполнен монтаж генераторной лампы типа ГК-12А с принудительным охлаждением анода и монтаж системы накала лампы. Осуществлено изготовление индуктора и

конденсаторной батареи в алюминиевом корпусе, в котором выполнена установка шин фидера и вакуумных конденсаторов. На рисунке 2 представлен вид генератора с индуктором и конденсаторной батареей. Проводимая разработка является инновационной.

Список литературы:

1. Лопух Д. Б. Разработка технологии и оборудования для отверждения имитаторов радиоактивных отходов методом индукционной плавки в холодных тиглях. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. — ЛЭТИ. — Ленинград, 1987. — 294 с.
2. Лопух Д. Б. Современные направления и новые результаты исследований индукционной плавки в холодном тигле. Журнал «Индукционный нагрев». № 6. — 2008. — С. 27-37.
3. Лопух Д. Б. Обоснование новой российской концепции построения установки остекловывания радиоактивных отходов методом индукционной плавки в холодных тиглях. Журнал «Вопросы радиационной безопасности», № 2, 2009. — С. 26-32.

Исследование энергетических режимов работы асинхронного электродвигателя улучшенной конструкции

А. С. Третьяков, О. А. Капитонов

ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Работы по созданию асинхронного электропривода в электромехатронном исполнении направлены на создание импортозамещающей и энергоресурсосберегающей техники для промышленности Республики Беларусь.

Одной из разработок в данном направлении является асинхронные электродвигатели улучшенной конструкции [1]. Новизна разработки заключается в предложении новой конструкции электропривода в электромехатронном исполнении, включающей электродвигатель улучшенной конструкции [2], а также регулятор напряжения [3], встраиваемый в клеммную коробку рассматриваемого асинхронного электродвигателя.

В основе рассматриваемого электродвигателя лежит модифицированная система охлаждения, расположенная на обоих выводах выходных концов валов: вентиляторы — охладители, закрепленные на торцах силового ротора, и вентиляторы — рассеиватели, закрепленные на торцах малых роторов, расположенных в полостях силового ротора. Такая конструкция системы охлаждения позволяет существенно снизить температуру воздушных зон со стороны выступающих концов вала, сделать более стабильным отвод тепла даже при затормаживании, увеличить возможность снятия полезной мощности с вала электродвигателя до 30% по сравнению с двигателем стандартного исполнения.

Для исследования энергетических, электромагнитных, тепловых и вентиляционных режимов асинхронного электродвигателя улучшенной конструкции был разработан научно — исследовательский комплекс [4]. Основными элементами стенда являются электромашинный агрегат, станция управления, персональный компьютер, аэродинамическая труба.

Станция управления состоит из панели управления и панели измерительной. Панель управления предназначена для формирования режимов работы испытуемого электродвигателя, снятия измеряемых параметров и передачи их далее на персональный компьютер.

Электромашинный агрегат представляет собой два двигателя — испытуемый и двигатель постоянного тока с независимым возбуждением — объединенные на общий вал. Нагрузка на валу создается регулированием потока в обмотке возбуждения двигателя постоянного тока.

Для исследования энергетических характеристик дополнительно используется функциональный узел, состоящий из датчиков тока и напряжения, цифрового осциллографа и программного обеспечения для визуального отображения потерь, коэффициента полезного действия и мощности в текущий момент времени.

Настройка данного комплекса была выполнена на базе общепромышленного асинхронного электродвигателя АИРС100S4 (прототип). Проведенные испытания младшей модели асинхронного электродвигателя улучшенной конструкции (модифицированная система охлаждения располагается со стороны встроенного вентилятора) подтвердили правильность показаний и измерений, эффективность отвода потерь, возможность снятия большей мощности без изменения массогабаритных показателей, и более высоких энергетических показателей по сравнению с прототипом.

Список литературы:

1. Пат. a 20071410 РБ, МПК (2006) H 02K 9/04. Асинхронный электродвигатель для регулируемого привода машин и механизмов / Парфенович О.Н., Третьяков А.С.; заявитель и патентообладатель ГУВПО «Белорусско-Российский университет». — №12180; заявл. 11.21.07; опубл.06.30.09, Бюл. № 12 (II ч.). — 18 с.

2. Парфенович О.Н., Третьяков А.С. Элементы теории тепловых процессов электродвигателя по конструктивной схеме ДАС с трехроторной электромеханикой / О. Н. Парфенович, А. С. Третьяков // Вестник Белорусско-Российского университета — 2010. — № 2. — С.124-135.

3. Парфенович О.Н., Капитонов О.А. Транзисторный широтно-импульсный регулятор напряжения для асинхронных электродвигателей / О. Н. Парфенович, Капитонов О.А. // Вестник Белорусско-Российского университета — 2010. — №3. — С.119-127.

4. Аппаратное и программное обеспечение для исследования тепловентиляционных режимов асинхронных электродвигателей // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XVI междунар. научн.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 28-29 апреля 2016 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. Гос. техн. ун-т П.О. Сухого, под общ. ред. Бойко А.А. — С. 289-292.

Микроконтроллерный имитатор типовых объектов управления

А. И. Храпков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

На сегодняшний день существует множество решений и средств, помогающих в изучении основ разработки систем автоматизированного управления технологическими процессами (АСУТП), начиная с компьютерного моделирования (например, в среде MATLAB) и заканчивая функциональными макетами. Безусловно, с точки зрения получения комплексных знаний и навыков в области проектирования, отладки и внедрения АСУТП наиболее интересными являются лабораторные макеты, имитирующие работу технологических объектов управления, подключение которых к техническим средствам управления полностью идентично подключению реальных объектов. Однако подобные лабораторные макеты весьма дороги и обладают немалыми размерами, что не способствует применению в учебном процессе большого количества подобных стендов. Альтернативой лабораторных макетов могут стать программно-аппаратные имитаторы объектов управления, взаимодействующие с устройствами управления с помощью унифицированных электрических сигналов.

Целью данной работы является разработка программного обеспечения для имитатора (рис.1), собранного на базе микроконтроллера PIC24FJ256DA210, которое позволило бы имитировать большинство типовых объектов управления и удовлетворяло бы следующим требованиям:

- максимально приближенное имитирование работы с нужным пользователю объектом управления;
- возможность отслеживать и отображать протекающие во время работы процессы;
- возможность тестирования системы пользователя с отображением сообщений об ошибках управления (неправильно выработанными сигналами управления).

Имитатор будет подключаться к устройству управления, на котором

пользователь реализовал систему управления, по средствам нескольких ЦАП и АЦП и позволит управлять работой с помощью сенсорного дисплея.

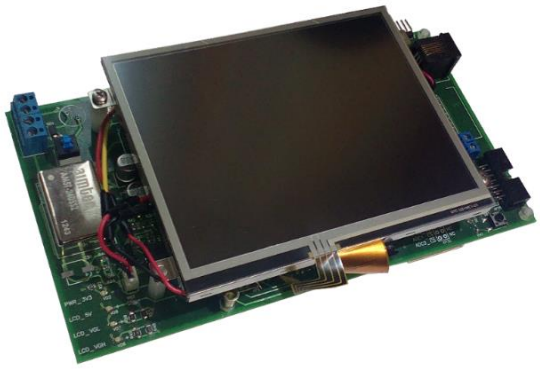


Рис.1. Микроконтроллерный имитатор

В рамках данной работы было создано программное обеспечение на языке Си для микроконтроллера PIC24FJ256DA210 по работе с основной периферией устройства (два четырёхканальных АЦП, шесть ЦАПов, слот для SD карты памяти). Для работы с дисплеем для данного устройства была адаптирована графическая библиотека функций, разработанная компанией Microchip для быстрой разработки графического интерфейса пользователя и работы с резистивной сенсорной панелью.

Для примера реализовано имитирование работы подъемного устройства и следующие режимы работы имитатора:

- режим имитирования объекта управления
- режим тестирования системы управления объектом (с отображением сообщений о неправильных сигналах управления)
- режим прямого наблюдения состояний АЦП и ручного вывода значений на ЦАП.

Полученные результаты планируется внедрить в учебный процесс, а именно использовать при выполнении лабораторных работ по курсу «Проектирование автоматизированных комплексов и систем».

Список литературы:

1. Microchip Technology PIC24FJ256DA210 Family Data Sheet.
2. Microchip Technology Graphics Library Help Manual for Microchip Graphics Library: 2013.
3. Люсио ди Джусио [Lucio Di Jasio] Graphics, Touch, Sound and USB User Interface Design for Embedded Application: Lucio Di Jasio, 2014. — 265 с.

Получение биогаза

И.А. Шалай, П.В. Деркач, С.В. Гадецкий, Р.А. Максимов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Для обеспечения жизни современного общества необходимо все большее количество энергии. Таким источником успешно становится биогаз, который получают вследствие метанового или водородного брожения биологических масс. Биогаз является высококачественным и полноценным носителем энергии и может многосторонне использоваться как топливо в домашнем хозяйстве для приготовления пищи, производства электроэнергии, отопления помещений. Сырьем для получения биогаза может служить широкий спектр органических отходов — твердые и жидкие отходы агропромышленного комплекса, сточные воды, твердые бытовые отходы.

Для того чтобы получить биогаз, понадобится специальное устройство: биогазовая установка, которая представлена на рисунке 1.

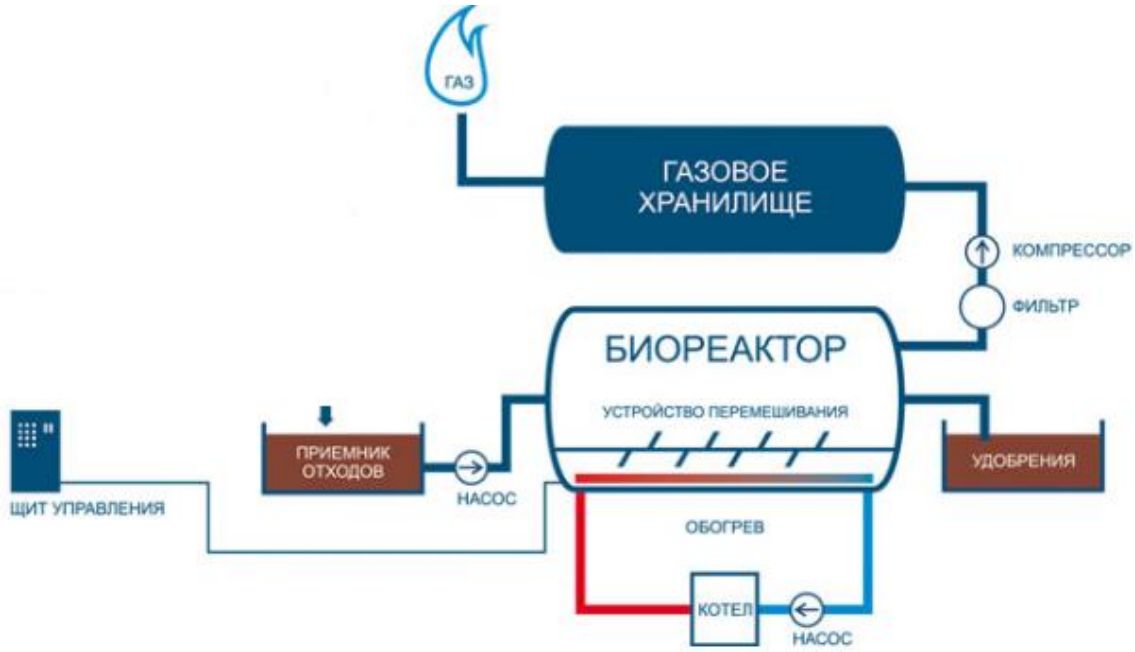


Рис.1 Модель биогазовой установки

Она представляет собой комплекс инженерных сооружений, который состоит из агрегатов и емкостей, предназначенных для хранения и подготовки сырья, непосредственно самого производства биогаза, а также его сбора и очистки, выделения таких побочных продуктов переработки как сухая часть, которая используется для получения высококачественных минеральных удобрений и воды. Для получения электроэнергии биогазовая установка может

быть совмещена с мини газотурбинным или другим типом генератора. Для получения не только электро-, но и дополнительно тепловой энергии, биогазовый завод комплектуется когенерационными установками.

Получение биогаза происходит в специальных, коррозионностойких цилиндрических герметичных цистернах, также их называют ферментерами. В таких емкостях протекает процесс брожения. Но до того, как попасть в ферментер, сырье загружается в емкость приемник. Тут оно смешивается с водой до однородного состояния, с помощью специального насоса. Далее из емкости приемника в ферментеры вводится уже подготовленный сырьевой материал. Надо заметить, что процесс перемешивания при этом не останавливается и продолжается до тех пор, пока в емкости приемнике ничего не останется. После ее опустошения насос автоматически останавливается. Начинается выделение биогаза, которое по специальным трубам поступает в газгольдер, размещенный неподалеку.

Биореактор располагается в отдельно стоящем быстровозводимом здании, это вынужденная необходимость обусловлена требованиями норм безопасности и тем, что производство биогаза нуждается в поддержании постоянной, относительно высокой температуры в 30 — 50 С°. Технология получения биогаза требует периодического перемешивания смеси ферментируемых веществ. Это препятствует их расслоению и остановке процесса брожения. Также не помешает измельчить крупные куски в сырье, приготовленном для ферментации. Большие комки замедляют скорость выделения метана тормозя тем самым техпроцесс. Работа профессиональных биогазовых установок, которые мы предлагаем, регулируется автоматикой, и уход даже за несколькими станциями средних размеров, не требует штата более чем в два человека. Качество сырья зависит от множества факторов, начиная с его влажности, заканчивая объемом получаемого биогаза на единицу ферментируемого вещества. Так, к примеру, разные типы, к примеру, навоза, имеют разный выход биогаза на килограмм вещества с не одинаковым содержанием в нем метана.

Самый большой выход биогаза и самый высокий процент в нем метана имеет свекольная ботва, именно поэтому получение топлива на свекольно-сахарных заводах наиболее эффективно.

В зависимости от типа ферментируемого сырья меняется и вариант исполнения установки для получения биогаза. Так, если используется сухое или твердое сырье, его механически загружают в шнековый транспортер, который

поставляет продукт брожения в реактор. Если в качестве продукта для ферментации используются стоковые воды или навоз, то сырье может попадать в емкости самотеком, откуда с помощью насосов, по мере надобности, перекачивается в биореактор. Иногда сырье требует дополнительной очистки и гидролиза, в таком случае система получения биогаза будет включать в себя два соединенных вместе биореактора.

Данное производство, а именно получение биогаза, основанное на органических отходах можно считать практически безотходным, так как все отходы, которые образуются в результате получения топлива, а именно жидкие органические удобрения, поступают обратно в производство. Их можно также использовать для полива полей, т.к. это прекрасное и безопасное биоудобрение. Образующиеся при сбраживании материалы улучшают физические свойства почвы, а минеральные вещества служат источником энергии и питанием для деятельности почвенных микроорганизмов, что способствует повышению усвоения питательных веществ растениями.

Характеристики процесса и методы получения биогаза

Большое разнообразие разных методов добычи биогаза можно свести к нескольким вариантам с точки зрения технических характеристик процесса. Принципиальное различие в методах работы разных установок состоит в способе подачи (методы порционной подачи/проточный), по типу смешивания (полное смешивание или пробочное проталкивание), одно- или многоступенчатая система и/ либо по консистенции субстрата (твердое сырье или метод переработки в текучем-/мокром виде)

Метод периодической подачи

Для метода порционной подачи характерно наполнение бродильной камеры за один прием. Порция проходит брожение до конца заданного для этого времени, на протяжении которого субстрат не добавляют и не вынимают.

Производство газа начинается после наполнения, достигает максимальной производительности, после чего начинает падать. Под конец, по истечению заданного времени брожения, бродильная камера опустошается также за один прием. При этом часть бродильного шлама возвращают обратно, чтобы привить «разработанные» бактерии.

Проточный метод

По такому методу работают почти все сельскохозяйственные биогазовые установки. Ферментаторы должны быть постоянно заполнены. При подаче

свежего субстрата равное ему количество выталкивается из ферментатора. Проточный метод характеризуется:

- последовательной подачей
- постоянным процессом гниения
- стабильной выработкой газа
- профилактика и ремонт наполненного ферментатора возможны не в полном объеме.

Метод полного смешивания

Установки, в которых субстрат полностью перемешивается как в котле, часто встречаются в сельскохозяйственной практике. Новый поступающий материал перемешивается с одержимым ферментатора, так что отпадает необходимость в затравливании и процесс может начинаться непосредственно после внесения.

Разумеется, в проточных установках время брожения субстрата тогда соответствует рассчитанному среднему времени брожения, поскольку вследствие смешивания часть свежего материала покидает ферментатор. При планировании этому фактору необходимо также уделить внимание. Загрузка бродильной камеры установок полного смешивания может достигать до 4 кг органического сухого субстрата на $м^3$ объема в день.

Метод пробочного проталкивания субстрата

В установках, использующих пробочное проталкивание, субстрат продвигается как пробка в продольном направлении по ферментатору. Диаметр такого резервуара должен быть намного меньше, чем его длина, следует рассчитывать соотношение диаметра к длине как минимум 1:4.

Мешалку необходимо установить поперечно к направлению течения, она может также подогревать течение. Перемешивание преимущественно будет происходить в поперечном направлении. То, что свежий материал будет перемешиваться с переброженным, будет регулироваться названным способом вплоть до его прекращения.

Благодаря такой работе в этих установках удается достичь высокого гигиенизирующего эффекта. При определенных обстоятельствах может возникнуть потребность в затравливании с целью быстрейшего приведения процесса в действие. Важно отметить, что такая конструкция занимает много места.

Одно- или многоступенчатый метод

Брожение субстрата с целью получения биогаза может проходить с использованием одно или многоступенчатого метода ведения процесса.

При использовании одноступенчатого метода, процесс брожения проходит 4 этапа в одном-единственном резервуаре, для систем полного перемешивания эти этапы во времени и пространстве происходят параллельно, для установок системы периодического режима работы эти процессы происходят последовательно во времени один за другим. В установках пробочного движения наблюдается определенное временное смещение.

Список литературы:

1. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз. Теория и практика. Перевод с немецкого. М., «Колос», 1982

3. Биогаз. Получение биогаза. Биоудобрения. [Электронный ресурс] // URL: http://agrocontech.ru/ru/info/biogazovaya-ustanovka

РАДИОТЕХНИКА И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Проектирование широкополосного ТЕМ-рупора

А.Н. Болдырев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Цель работы: проектирование и экспериментальное исследование широкополосного ТЕМ-рупора.

Широкополосные антенны имеют большое практическое применение во многих областях: в радиолокации, для измерений в области электромагнитной совместимости, в системах обнаружения и систем широкополосных коммуникаций.

Особенное распространение получила антенна типа ТЕМ-рупор. Этот тип антенн имеет ряд преимуществ: широкая полоса частот, отсутствие дисперсии, однонаправленность и простота конструкции. Однако в обычных ТЕМ-рупоре на высоких частотах появляются флуктуации излучения, приводящие к изменению вида главного лепестка [1]. Оптимизация формы ТЕМ-рупора позволяет получить требуемые характеристики излучения в широком диапазоне частот как по азимуту, так и по углу места.

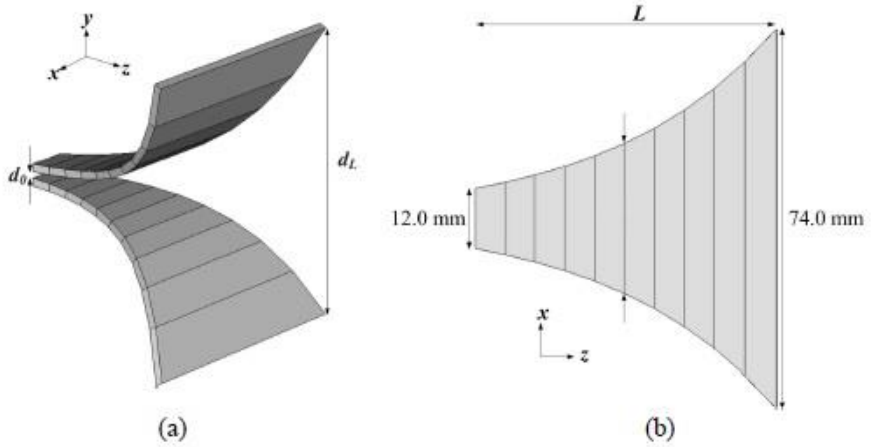


Рис.1. 3D конфигурация секции рупора
(a) 3D вид. (b) Вид сверху. (L=60 мм, d_0=1.6 мм, d_L=74 мм)

Антенна является трансформатором между свободным пространством (377 Ом) и линией передачи (50 Ом). Экспоненциальное изменение формы ТЕМ-рупора улучшает согласование антенны в широком диапазоне частот.

Пример ТЕМ-рупора с экспоненциальной формой представлен на рисунке 1.

В результате работы проведено моделирование и оптимизация широкополосного ТЕМ-рупора. Рассчитаны диаграммы направленности, КСВ и коэффициент усиления. Результаты измерений показали, что улучшенная структура ТЕМ-рупора демонстрирует низкий КСВ и заданную диаграмму направленности. Моделирование и расчеты проводились в пакете CST Microwave Studio. Разработанная антенна имеет небольшой размер, малый вес и относительно высокий коэффициент усиления.

Список литературы:

1. A. Kolokotronis, Y. Huang and J. T. Zhang, «Design of TEM Horn Antennas for Impulse Radar», IEEE High Frequency Postgraduate Student Colloquim, pp.120 — 126, September 17. 1999, Leeds, U.K.

О возможности определения УОЛ с использованием прецизионного инерциального модуля и 4-х антенной спутниковой аппаратуры

Л.А. Борисова

ГНЦ РФ АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»

Развитие навигационной техники, в том числе астронавигационной, достигло уровня точности определения навигационных параметров, при котором существенным сдерживающим фактором дальнейшего прогресса в области навигации явилась неопределенность ряда геофизических полей. К их числу следует отнести значения поля уклонений отвесной линии (УОЛ), неточное знание которого искажает показания инерциальных навигационных систем (ИНС). Уклонение отвеса является важнейшей информацией, необходимой для решения ряда задач геодезии. Проблема его точного и оперативного определения всегда актуальна. Традиционные методы определения уклонений отвесных линий весьма трудоемки. Астрономо-геодезический метод требует выполнения полевых астрономических наблюдений. Вычисление уклонений отвесных линий по гравиметрическим данным предполагает наличие детальной гравиметрической съемки на значительной территории. В настоящее время появилась возможность определения уклонений отвеса по данным наблюдений спутниковых систем GPS/ГЛОНАСС.

Целью работы является определение возможности использования извест-

ного инерциально-геодезического метода для определения одного из параметров аномалий гравитационного поля Земли — уклонения отвесной линии в морских условиях в различных широтах.

Определение возможности инерциального-геодезического метода предлагается в рамках построения специализированной интегрированной системы, содержащей прецизионный инерциальный модуль и 4-х антенную спутниковую аппаратуру.

Приводятся алгоритмы решения задачи, оценка точности с использованием имитационного моделирования в пакете MATLAB (Simulink) и результатов мореходных испытаний GPS-компаса, разработки ЦНИИ «Электроприбор».

Рассмотрена возможная модификация инерциально-геодезического метода по определению полных значений составляющих УОЛ с использованием мультиантенной спутниковой системы ориентации, включающей две антенные базы и определяющей углы качки объекта. Вместо курсовых измерений были сформированы соответствующие разностные измерения по углам качки.

При оценке полученных результатов можно отметить, что данный метод позволяет существенно снизить требования к точности гироскопов инерциального модуля и позволяет отказаться от использования позиционных измерений. А также обеспечить возможность определения полных значений УОЛ в различных районах мирового океана без ограничения по широте места.

Список литературы:

1. Шимбирев Б.П. Теория фигуры Земли // М.: Недра, 1975.
2. Peshehonov V.,Vasilyev V., Zinenko V. Measuring vertical deflection in ocean combining GPS, INS and star trackers//Proc. High Precision Navigation, Stuttgart, Germany, 1995. — P. 180-185.
3. Нэш Р.А., Джордан С.К. Статистическая геодезия//ТИИЭР, 1978. Т.66.№5. — С.5-26.

Диплексор сигналов приемника РЛС

И. М. Давыдов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Полуактивная радиолокационная станция (ПАРЛС) подразумевает регистрацию приемником сигналов, которые излучаются «сторонним» передатчиком и отражаются от цели. Они называются сигналами подсвета [1].

Наш приемник, предназначенный для приема отраженных от целей сигналов FM радиовещания и сигналов цифрового эфирного телевидения стандарта DVB-T2, работает в следующих диапазонах от двух антеннах. Для FM радиовещания рабочие частоты должны лежать в диапазоне от 87,5 до 108 МГц, а для цифрового телевещания от 470 до 790 МГц.

Из плюсов полуактивной радиолокации стоит отметить низкую стоимость, в связи с отсутствием необходимости использования передатчика. И как следствие, не создаются помехи для других приемников. Также это дает возможность вести анонимную радиолокацию.

Теперь о плюсах работы в двух диапазонах. Со стороны цифрового вещания, мы получаем высокую плотность мощности в населенных местах, где установлено много передатчиков. Использование FM радиовещания обеспечивает подстраховку на случай непредвиденных ситуаций. Например, при проведении ремонтных работ на передающей стороне цифрового телевидения. Следовательно, будет отсутствовать рабочий сигнал.

Объединению данных диапазонов будет способствовать диплексор, который будет от антенн пропускать одновременно два, не влияющих друг на друга сигнала, по выделенным полосам частот. Здесь появляется небольшая экономия средств, за счет использования меньшей длины коаксиального кабеля. Когда приходится использовать кабель более высокого качества, для уменьшения затухания при передаче сигнала на значительные расстояния. Использование одного общего кабеля вместо двух, несомненно, упрощает поставленные задачи.

Отличительной особенностью когерентных систем является наличие двух каналов приема — прямого и переотраженного целью сигналов (рис. 1).

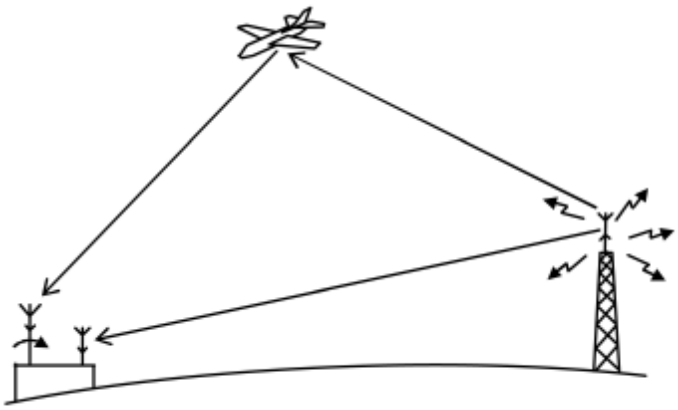


Рис. 1

В системе измеряется временной интервал между поступлением этих сигналов. Это позволяет определить пространственные координаты цели, если на приемной позиции измеряется направление на цель. Также, данная РЛС измеряет бистатический доплеровский сдвиг частоты отраженного сигнала. Совокупность всех измерений позволяет вычислить координаты, курс и скорость цели [1].

Цель исследования: сконструировать диплексор, который будет соответствовать работе ПАРЛС в заданных полосах частот.

Для расчета диплексора, принцип действия которого заключается в совместной работе двух фильтров четвертого порядка, использовался программный продукт NI AWR Microwave Office. Результаты моделирования представлены на рис. 2.

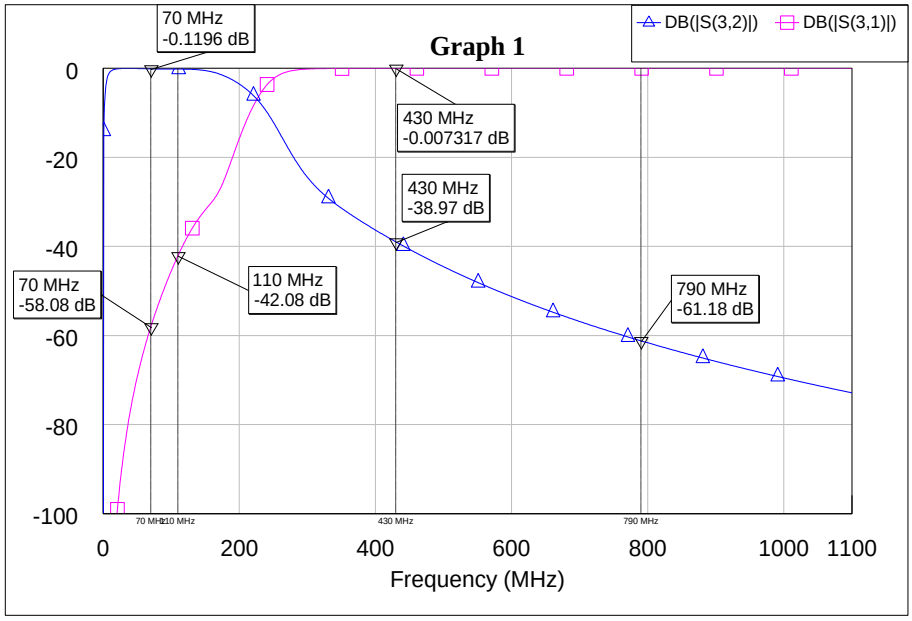


Рис. 2

Диплексор представляет собой печатную плату, которая должна быть размещена в корпусе основания FM антенны. На плате установлены 3 коаксиальных разъема. Два входа от антенн и один выход на приемник.

Список литературы:

1. Барахтов А.В., Веремьев В.И., Ковалев Д.А., Коновалов А.А., Михайлов В.Н. Радиолокация по сигналам сторонних источников. // Инновации. № 9. — 2013.

Акустика зрительного зала Владимирского областного театра кукол

Ю. А. Елисеева, инженер, А. О. Елистратов, главный специалист

ООО «ТТК»

При проектировании кинотеатров, концертных залов, залов драматических театров, филармоний большое внимание уделяется вопросу архитектурной акустики. Основной задачей акустического проектирования является создание оптимальных акустических условий при помощи архитектурно-планировочных и конструктивных решений.

Целью данной работы являлось проведение акустического расчета зрительного зала Владимирского областного театра кукол на 285 мест. На основании проведенных измерений в пустом зале, его акустику можно охарактеризовать как удовлетворительная, но с присутствием зон более или менее лучших и худших по слышимости. Кроме того, измеренное время реверберации на частоте 500 Гц — 2кГц составляет Тизм = 0,57…0,77 с, что меньше оптимального значения (Топт = 0,96…1,26 с для зала данного объема V~1450 м^3 и назначения).

Поэтому на основании субъективной оценки и проведенных акустических измерений были сделаны выводы о необходимости разработать компьютерную модель зрительного зала, провести акустический расчет и выбрать необходимые облицовочные материалы для увеличения времени среднечастотной реверберации.

Акустическое проектирование проводилось методом компьютерного моделирования с помощью программы Ease 4.3. Программное обеспечение Ease предназначено для 3D моделирования и расчета акустических параметров для залов различного назначения как закрытого, так и открытого типа.

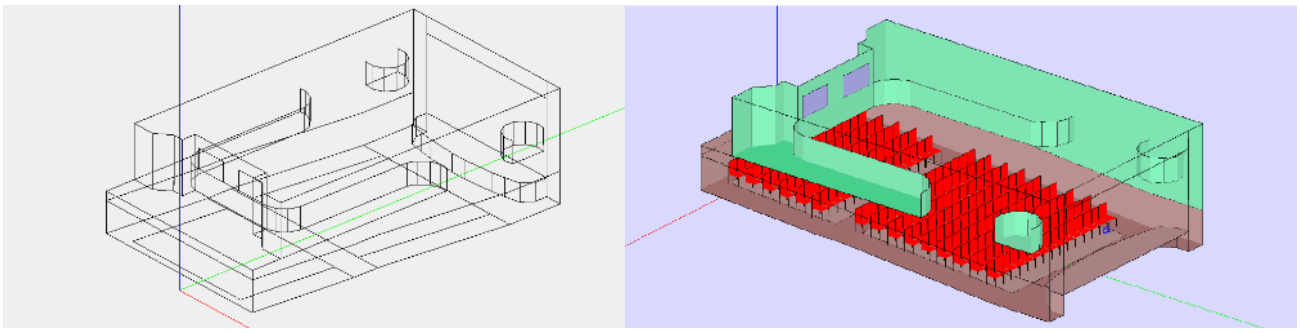


Рис.1. Изометрия зала. Компьютерная модель

В начале акустического проекта была построена 3D модель зрительного зала, вид которой в изометрии показан на рис. 1. Зал представлен совокупностью плоских секций, каждой из которых присваивается значение коэффициента звукопоглощения в зависимости от выбранного облицовочного материала.

Внутренняя отделка поверхностей подбиралась для обеспечения указанного оптимума реверберации: верхняя часть стен оштукатурена и окрашена клеевой краской, а нижняя часть отделана деревянными панелями; потолок выполнен из гипсокартона; а заднюю часть стены было решено выполнить из акустической штукатурки Scherff. В результате время реверберации на частоте 500 Гц — 2кГц составило Т = 1,08…1,03 с (рис.2).

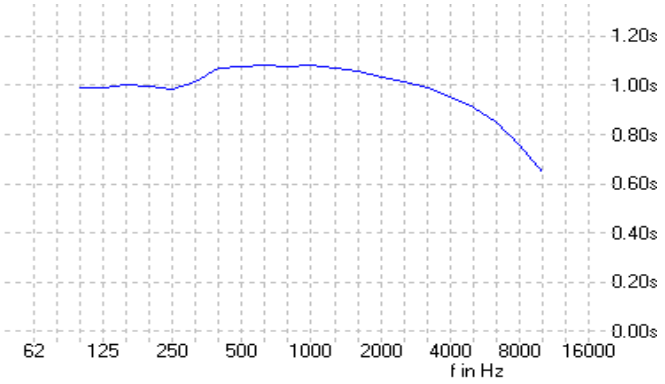


Рис.2. Зависимость времени реверберации от частоты

Результаты проведенного исследования позволяют сформулировать следующие выводы:

1. В зрительном зале обеспечивается рекомендованное для залов многофункционального назначения время реверберации.
2. Также произведен расчет энергетических параметров, которые свидетельствуют о хорошей понятности речи в зале.
3. Из построения лучевых траекторий можно судить, что времена запаздывания отражений удовлетворяют оптимальным, следовательно, эффект «эха» в помещении наблюдаться не будет.

Список литературы:

1. СП 118.13330.2012. Общественные здания и сооружения.
2. Руководство по акустическому проектированию залов многоцелевого назначения средней вместимости/ НИИСФ Госстроя СССР. — М.: Стройиздат, 1981. — 47 с.

Стабилизатор фазы сигнала опорной частоты для радиотелескопа

В.И.Костриков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Для получения результатов в радиометрическом и радиоинтерферометрическом режимах работы телескопа необходимо обеспечить его сигналом опорной частоты. Для получения более точных результатов измерений этот сигнал должен иметь минимальный фазовый сдвиг после прохождения линии передач и измерительных блоков рабочего комплекса. Радиотелескоп является подвижной конструкцией вследствие перемещения антенны телескопа по азимуту и углу места, с изменяющейся электрической длиной линии передачи вследствие изгиба кабелей. Была предложена схема стабилизатора фазы сигнала опорной частоты для комплекса радиотелескопа (рис. 1).

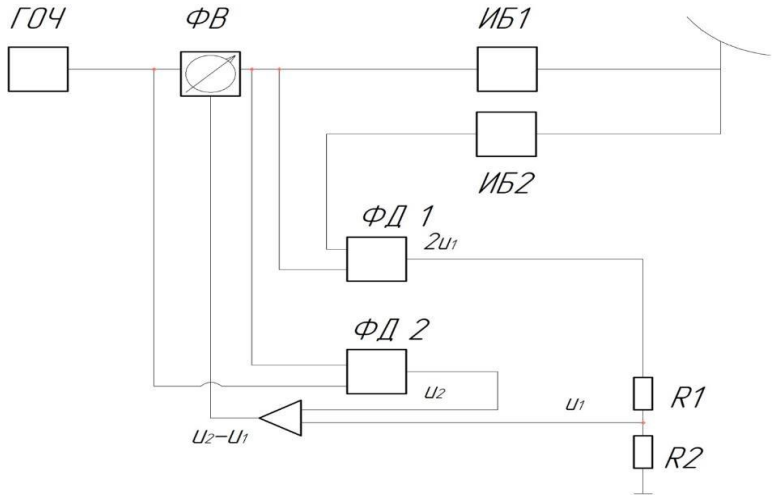


Рис. 1. Схема стабилизатора фазы

Данный стабилизатор представляет собой схему фазовой подстройки с обратной связью. Используя допущение, что линия до и после антенны радиотелескопа одинакова (используются одинаковые измерительные блоки и одинаково меняется электрическая длина линий передач, то есть сигнал получает на каждом участке фазовый сдвиг φ) получаем общий фазовый сдвиг 2φ после прохождения сигнала к антенне и обратно. С помощью фазовых детекторов, резистивного делителя и усилителя получаем разностное напряжение U2-U1, которое управляет фазовращателем ФВ. С его помощью устраняется фазовый сдвиг φ, получаемый в ходе прохождения сигналом линии связи.

Данная схема стабилизатора фазы является очень простой в исполнении, и довольно дешевой относительно других методов компенсации фазового сдвига в линиях передачи, например, такого как контроллер фазовых задержек. Основными источниками ошибок в данном стабилизаторе являются ошибка установки фазового сдвига фазовращателем, погрешность детектирования фазовых детекторов и нелинейность усилителя, однако стоит заметить, что температурным влиянием на ошибку детектирования фазовых детекторов можно пренебречь из-за использования разностного напряжения для установки фазового сдвига и одинаковой температуры на фазовых детекторах.

Для проектирования в данной работе были использованы фазовращатели и фазовые детекторы фирмы Synergy Microwave Corporation. Точность является различной для разных частот опорного сигнала вследствие использования различных фазовращателей. Так, для сигнала с частотой 5 МГц был использован фазовращатель PK-711S, для сигнала с частотой 10 МГц — PS-921, а для сигнала с частотой 100 МГц — PS-923. Для всех трех частот был использован один и тот же фазовый детектор PDZ-K1, так как его рабочая полоса частот включает все три возможных частоты опорного сигнала.

Список литературы:

1. ИПА РАН Система частотно-временной синхронизации [Электронный ресурс] // URL: http://iaaras.ru/quasar/rt-32/tfss/.

2. Царук А.А., Вытнов А.В. Устройство контроля фазовых задержек в кабеле // ФГБУН ИПА РАН, Труды ИПА РАН, № 24. — СПб, 2012. — С. 260-264.

Принципы автоматизации управления приемопередающим каналом и получения данных ввода-вывода на базе программируемых микроконтроллеров STM32

Н.В. Лебедев, В.В. Кучерук

Санкт-Петербургский Национальный Исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

На сегодняшний день активно развивается использование отладочных плат для создания тех или иных задач. Огромное множество активных электронных компонентов, выпускаемых мировыми производителями, требует сегодня наличия широкого спектра оценочных и отладочных средств, необходимых для быстрого принятия решений о возможности применения в проекте

того или иного компонента. Из-за высокой конкуренции на рынке современной электроники любая задержка с таким выбором может привести к потере временных и материальных ресурсов. Особое положение в этом вопросе занимают такие компоненты, как микроконтроллеры (МК). Быстро разобраться с многочисленными семействами, их возможностями и, главное, на практике убедиться в оптимальности сделанного выбора сегодня практически невозможно без применения оценочных и отладочных плат. Мы же будем рассматривать отладочные средства одного из основных разработчиков и производителей микроконтроллеров — компании ST Microelectronics (STM).[1]

Наша задача будет состоять в том, чтобы использовать отладочную плату для приёма и передачи информации. Для нашей работы мы будем использовать отладочную плату STM32VLDISCOVERY с микроконтроллером STM32F100RBT6. Так же нам потребуется еще дополнение USB UART Click, которая является платой расширения форм-фактора mikroBUS. Это компактное и легкое решение для добавления последовательной UART связи через USB. На плате установлен чип FT232RL USB-to-UART мост и разъем miniUSB-B. [2]

Отладочная плата — это законченное устройство, которая максимально задействует все узлы микроконтроллера, имеет органы управления и контроля, и служит для тестирования программ, написанных для конкретного проекта. Отладочная плата является отличным полигоном для устранения рабочих проблем.

Также, она служит удобным средством для быстрого прототипирования и обкатки узлов, проверки идей и методов. Собрать на демоплате, проверить, что идея работает, подкорректировать как нужно, а после уже отлаженный код использовать в реальном проекте.

Список литературы:

1. Шувалов Р. ARM-микроконтроллеры STM32F. Быстрый старт с STM32-Discovery [https://habrahabr.ru/post/128734/]. — 2011г. — Режим доступа: открытый.

2. Мартин М. Инсайдерское руководство по STM32. [http://redblot.ru/archives/966]. — 2015г. — Режим доступа: открытый.

Разработка прототипа нейросетевого аналого-цифрового преобразователя

Н. Г. Макагонов, А. И. Посягин

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

В современном мире количество объектов, оборудованных системами автоматического регулирования (САР) неуклонно растет. Это связано с тем, что качество жизни человека, определение его социального статуса, и восприятие окружающего мира становится в большей мере зависимо от технических систем. Данный тезис подтверждается тем, что технические системы на сегодняшний день имеют высокую степень интеграции с человеком, а в некоторых случаях могут являться жизненно необходимыми. Примером таких систем являются кардиостимуляторы, инсулиновые помпы и т.д. Однако, несмотря на очевидные плюсы такой интеграции: увеличение продолжительности и качества жизни — существуют риски, связанные с отказоустойчивостью, точностью и надежностью таких систем, так как в случае выхода из строя подобной системы, последствия для человека могут быть фатальны. Следовательно, повышение отказоустойчивости элементов и блоков, входящих в САР, остается перспективным направлением в современной технической отрасли [1].

В данном исследовании произведена разработка новой архитектуры одного из обязательных блоков САР: аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Особенностью архитектуры разработанного преобразователя является повышенная отказоустойчивость и возможность изменения точности измерений за счет нейронной сети [2].

Основным элементом данного АЦП является однослойная нейронная сеть, состоящая из основных измерительных нейронов (ОИН). Каждый ОИН представляет собой набор следующих функциональных блоков: измерительный блок, блок управления, блок контроля, входные ключи, выходные ключи. Измерительный блок представляет собой звено матрицы R-2R, выполняющей функцию аналого-цифрового преобразования методом поразрядного взвешивания. За счет блока управления существует возможность объединения определенного числа ОИН в индивидуальный аналого-цифровой преобразователь (ИАЦП). Процесс формирования ИАЦП начинается при подключении измеряемого сигнала, задается требуемая разрядность измерения, в результате некоторое количество свободных, соседних ОИН активируются и образуют ИАЦП. Разрядность образованного по запросу ИАЦП численно совпадает с

количеством ОИН входящих в этот ИАЦП [3].

Объединение нейронов осуществляется следующим образом: появившийся на входе аналоговый сигнал поступает на компаратор, одновременно с этим схема управления соединяет выход компаратора со свободным ОИН, который впоследствии будет являться старшим разрядом в ИАЦП. Далее ОИН подключает свои выходы к входам ближайшего исправного, не занятого ОИН, блок контроля которого сгенерировал флаг готовности. Это происходит до тех пор, пока не будет объединено необходимое количество ОИН, последний из которых передает сигнал на выходной нейрон, где в процессе измерения будет накапливаться значение конкретных отсчетов. ОИН старшего разряда подключается к опорному напряжению, каждый последующий ОИН использует напряжение с предыдущего, одновременно реализуя его деление на два, посредством матрицы R-2R. После образования ИАЦП производится измерение сигнала, пока в этом имеется потребность. Для измерения используется принцип поразрядного взвешивания. Цифровая часть описанного АЦП была реализована на основе ПЛИС Altera «epf8282ALC84-4» и запрограммирована на языке VHDL. Для реализации аналоговой части (матрица R-2R) была разработана специальная печатная плата, содержащая резисторы, аналоговые ключи на основе микросхемы «к561кп1», порты для подключения к ПЛИС. Тестовый образец может менять разрядность от 4 до 8. Были проведены успешные лабораторные исследования созданного прототипа, что подтвердило работоспособность описанных алгоритмов работы нейросетевого АЦП.

Список литературы:

1. Сперанский В.С. Селуянов М.Н. Аналого-цифровые преобразователи с самоконтролем и их моделирование в среде LABVIEW. Монография // Вестник воздушно-космической обороны. № 4. — М.: Радиотехника, 2013. — 264 с.: ил

2. Посягин А.И., Южаков А.А. Самомаршрутизирующийся аналого-цифровой преобразователь на основе двухслойной нейронной сети // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. № 11. — 2013. — С. 76-81.

3. Макагонов Н.Г., Посягин А.И., Южаков А.А. Принципы самомаршрутизации сигналов в аналого-цифровом преобразователе на основе однослойной нейронной сети // Электротехника. — 2016. — №. 11. — С. 7-12.

Современная элементная база для построения синтезаторов с ФАПЧ

А.С. Орловский

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Существует множество методов построения синтезаторов частот. Их классификация изображена в виде схемы.

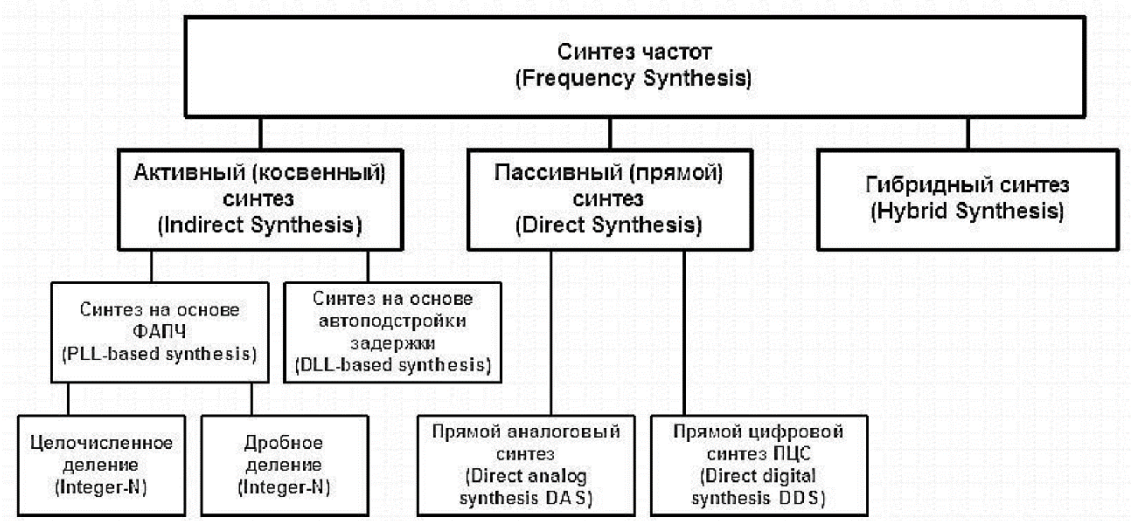


Рис. 1. Классификация методов построения синтезаторов частот

Для этой работы был выбран метод косвенного синтеза на основе фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). Выходная частота получена с помощью ГУНа — генератора, управляемого напряжением, или VCO, который охвачен петлей фазовой автоподстройки ФАПЧ. [1]

Рис. 2. Синтезатор частоты на основе фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ)

Системы ФАПЧ широко применяются в современных радиоэлектронных устройствах для слежения за частотой и фазой колебаний, а также для стабилизации этих параметров.

Главными преимуществами схем на основе ФАПЧ являются более чи-

стый спектр выходного сигнала, обусловленный эффективным использованием фильтра нижних частот (ФНЧ), и значительно меньшая сложность устройства по сравнению с аналоговыми синтезаторами. Основной недостаток — большее время перестройки и значительно более высокий уровень фазового шума по сравнению с аналоговыми схемами.

Выбрав в качестве элементной базы микросхему ФАПЧ ADF4169CCPZ и ГУН HMC735LP5 фирмы Analog Devices, была разработана цепь обратной связи с активным петлевым фильтром на ОУ. Микросхема ФАПЧ имеет выход с накачкой заряда, максимальное напряжение на котором недостаточно для непосредственного управления внешним ГУН, который требует высокого управляющего напряжения, если петлевой фильтр выполнен только на пассивных компонентах. Для получения больших управляющих напряжений необходимо использовать активные петлевые фильтры на операционных усилителях. Выбор операционного усилителя и обеспечивающих его работу пассивных компонентов — это ключевой момент для извлечения максимума возможностей из активного фильтра. [2] Помимо полосы пропускания, необходимо учитывать различные параметры. Разработчиками Analog Devices рекомендован к применению в связке с микросхемой ФАПЧ операционный усилитель (ОУ) AD8065. Моделирование активного фильтра выполняется при помощи программы ADIsimPLL.

В результате моделирования получена полная схема сопряжения элементов. Уровень фазового шума от частоты не превышает -90 дБн/Гц. Время установления частоты — около 1 мкс.

Список литературы:

1. Ридико Л. DDS: прямой цифровой синтез частоты [Текст] / Л. Ридико // Компоненты и технологии. № 7. — 2001.— С .1-5.

2. Austin Harney. Design High-Performance Phase-Locked Loops with High-Voltage VCOs [Text] / Austin Harney // Analog Dialogue. № 43. — 2009. — С. 1-4.

Передатчик для беспроводной зарядки мобильных устройств

Н. Ю. Ошурков

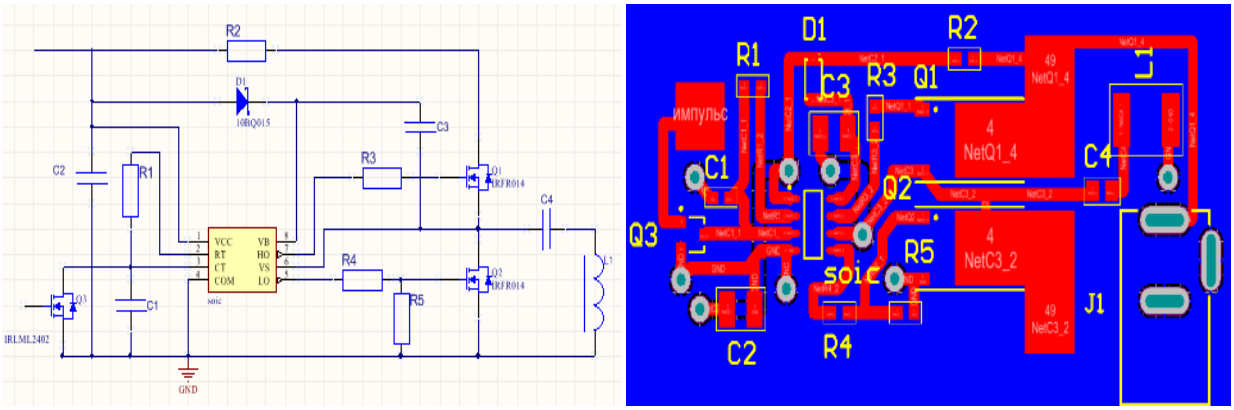
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

В настоящее время активно развиваются системы бесконтактного питания, позволяющие передавать энергию на расстояние без непосредственного

электрического соединения между источником питания и питаемым устройством. Для передачи энергии могут быть использованы разные физические принципы: СВЧ излучение, электромагнитная индукция, электростатическая индукция, лазерное излучение. Наиболее перспективным и массово используемым является передача энергии за счет электромагнитной индукции.

Принцип работы такой системы состоит в следующем: переменное электромагнитное поле, создаваемое передатчиком, излучается катушкой, что возбуждает переменное ЭДС в катушке приемника, который выпрямляет и стабилизирует электрический ток для питания или зарядки мобильного устройства.

В качестве генератора для передатчика в системе беспроводной зарядки было принято использовать микросхему ШИМ генератора (IR2153) с минимальным количеством внешних элементов, позволяющая генерировать импульсы в диапазоне частот 100 — 200 кГц, что соответствует международному стандарту Qi, регламентирующего работу беспроводных зарядных устройств. Была разработана схема передатчика и топология печатной платы (ПП) в программе Altium Designer (рис.1). Номиналы элементов схемы, выбранные в процессе разработки, представлены в таблице 1.



(а) (б)

Рис.1. Передатчик: а) электрическая схема, б) топология ПП

Таблица 1

Перечень элементов схемы передатчика

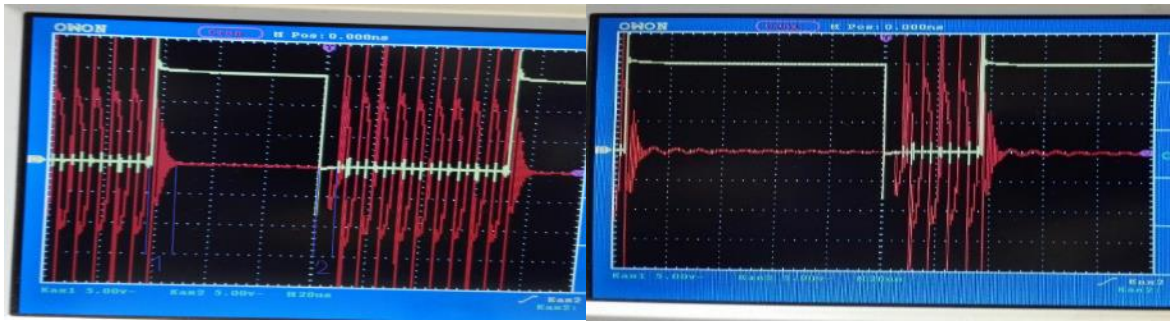
Элемент	Номинал	Типоразмер/наименование
R1	22 кОм	0603
R2-R4	100 Ом	0603
R5	10 кОм	0603
C1	390 пФ	0603
C2, C3	4.7 мкФ	0603
C4	430 пФ	0603

Элемент	Номинал	Типоразмер/наименование
L1	6.5 мкГн	RWC5050AK060-500
Q1, Q2		DPak/IRLR024NPBF
Q3		Sot-23/IRLML0040TRPbF
D1		SMA/3A40B

Печатная плата изготовлена на основе двухсторонний металлизированной заготовки из текстолита толщиной 1 мм. Топология печатных проводников образована процессом химического травления с использованием хлоридом железа через позитивную маску.

В процессе использования передатчика мощность необходимая приемнику может изменяться. Это связано с тем, что в процессе заряда аккумулятора ток изменяется со временем. Также начальное значение тока/ мощности может быть разное, например, в зависимости от положения приемника относительно передатчика. Поэтому есть необходимость изменять (подстраивать) мощность передатчика.

Разработанный передатчик позволяет регулировать выходную мощность при помощи импульсной модуляции выходного сигнала, подачей импульсов меньшей частоты на транзистор Q3, с разной скважностью. Выполнено тестирование передатчика при подаче управляющих импульсов разной скважности (рис. 2).



(а) (б)

Рис.2. Осциллограмма напряжения на катушке передатчика при скважности: а) 2, б) 3

Экспериментально подтверждено, что при изменении скважности изменяется средняя мощность передатчика, ток потребления. КПД системы, состоящей из разработанного передатчика и простого приемника с выпрямительным мостом на диодах Шотки и параметрического стабилизатора, составляет около 20%.

Список литературы:

1. Джонополс Д. Д. [Joannopoulos J.D.], Солджесик М. [Soljacic M.] Efficient Wireless

Non-radiative Midrange Energy Transfer — Annals of Physics 323, 2008. — 34 с.

Применение аддитивных технологий при создании кольцевых экранов спутниковых антенн

К.Д. Подолянец

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Антенны глубоко входят в нашу жизнь. Какое электронное устройство не возьми — в нем будет антенна. Мобильная связь, телевидение, интернет, и конечно, спутниковая связь.

К антеннам, особенно спутниковым, предъявляются очень высокие требования. Одним из главных параметров антенны является отношение сигнал/шум. Чем это отношение меньше, тем больше погрешность измерения. Поэтому стараются всеми возможными способами это отношение повысить. Пример: препятствия на пути резко ухудшают это отношение. Поэтому антенны стараются поднять над препятствиями либо использовать промежуточные ретрансляторы.

Использование антенных фильтров также позволяет уменьшить это отношение. На рисунке 1 показана американская GPS — антенна с фильтром, работающая на частоте 1.5 ГГц.

Рис. 1. Американская антенна P/N 57860-10 с фильтром

Однако у этой антенны есть огромный недостаток — ее стоимость. В связи с тем, что такая антенна может быть использована в военных целях, а также в связи с антироссийскими санкциями ее цена составляет 800 тыс.р. Однако подобные антенны в России уже имеются и производятся.

Таким образом, была поставлена задача — скопировать фильтр. Для копирования было проведено лазерное сканирование. В итоге получилась модель, представленная на рисунке 2.

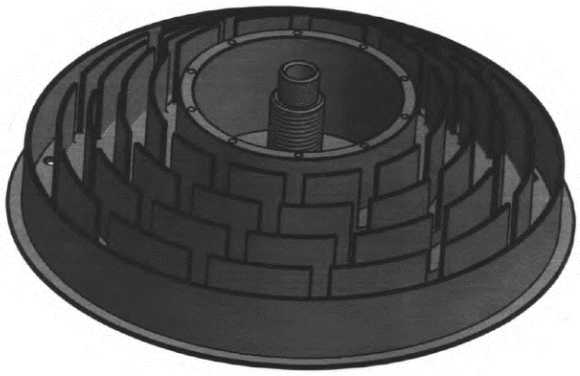


Рис.2. CAD-модель антенного фильтра

Дальше была задача распечатать модель. Было предложено два варианта — печать металлом или методом литья по предварительно распечатанной модели.

Печать металлом — быстрее, но невыгодна экономически, так как стоимость такого фильтра получается больше, чем стоимость оригинального фильтра. В итоге был выбран метод литья. Он заключается в следующем: распечатывается по CAD-чертежу модель из пластика ПММА. После чего модель обмазывается специальной глиной и обжигается при температуре меньше 600 градусов Цельсия. Когда глина застывает, температура повышается свыше 600 градусов, и пластик сгорает. В оставшуюся форму заливается жидкий расплав АК7ч и охлаждается. В итоге мы получили фильтр, пропускающий волны частоты 1.5 ГГц и отсекающий все остальные, причем достаточно дешево.

Расстояние между кольцами составляет 50 мм, и это является четвертью той длины волны, на которой работает фильтр. Таким образом, длина волны, на которой работает фильтр — 2 см, как и указывалось в начале (f = 1.5 ГГц). Все остальные волны отсекаются или гасятся.[1]

Таким образом, фильтр работает как четвертьволновый резонатор, при этом принимающий только крутопадающие волны.

Список литературы:

1. Татарников Д.В., Астахов А.В., Степаненко А.П. Экран для подавления многолучевого приема сигналов и антенная система с таким экраном.

Исследование некоторых закономерностей при представлении периодических сигналов рядами Фурье в тригонометрической форме

В.И. Худяков

Алма-Атинский университет энергетики и связи

Тригонометрическая форма ряда Фурье широко используется для исследования сигналов в радиотехнике. В то же время генерируемые колебания, используемые в радиотехнике, в частности, их можно использовать как несущие, имеют ограничение по форме (конфигурации). При представлении периодических сигналов (колебаний) рядами Фурье возникают определенные закономерности в построении этих рядов.

Цель данной работы — исследовать закономерности в представлении рядами Фурье наиболее часто генерируемых в радиотехнике периодических сигналов (колебаний). Это позволит оценить правильность подхода к решению задачи и верность полученного результата.

Тригонометрическая форма ряда Фурье, как известно, позволяет представить периодические сигналы в виде суммы гармонических колебаний. Генерируемые сигналы (колебания), с математической точки зрения, могут быть четными и нечетными, либо такими, четность которых не определена. При изучении литературы, я столкнулся с тем, что, как правило, в учебниках, рассматривают прямоугольные периодические колебания. Треугольные и пилообразные не рассматриваются, но они часто используются в радиотехнике. На основании этого, были рассмотрены основные типы сигналов, которые используются в радиотехнике, а также, выявлены определенные закономерности.

Ряд Фурье периодического сигнала записывается следующей тригонометрической формой: $s(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty}(a_n \cos n\omega_1 t + b_n \sin n\omega_1 t)$. После нахождения составляющих данного выражения, можно составить выражения вида $U(\omega t)$, мгновенного значения напряжения. Данные вычисления, были произведены для основных форм сигналов, применяемых в радиотехнике. После вычисления составляющих каждого сигнала, были сделаны соответствующие выводы. Построения графиков, было выполнено, с помощью программы MathCad.

К основным выводам данной работы, можно отнести:

Четные функции, представленные тригонометрической формой ряда

Фурье, имеют только косинусоидальные члены ряда, причем, с нечетными порядковыми номерами. Нечетные функции — синусоидальные члены ряда Фурье также с нечетными порядковыми номерами. Функции, не относящиеся ни к четным, ни к нечетным, имеют в нашем случае только синусоидальные члены с четными номерами и постоянной составляющей. Так как были проанализированы практически все наиболее часто встречающиеся периодические сигналы, имеющие простое математическое описание (что очень важно при решении практических задач), результаты данного исследования позволят быстро оценить правильно ли решалась задача, что позволит исключить возможные ошибки.

Список литературы:

1. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. — М. — 1977 г.
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. — М. — 1988 г.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И БИОТЕХНОЛОГИИ

Исследование частотных свойств демпфированных пластинчатых пьезопреобразователей для ультразвукового иммерсионного контроля

А.А. Асеев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Создание широкополосных пьезопреобразователей (ПЭП) является важной задачей, стоящей перед разработчиками аппаратуры ультразвукового неразрушающего контроля. Это обусловлено необходимостью их применения для получения коротких зондирующих акустических сигналов, которые используются с целью улучшения характеристик дефектоскопов (мертвая зона, разрешающая способность, точность определения координат дефектов). В работах [1–6], посвященных изучению возможностей расширения полосы пропускания ПЭП и их работе в импульсном режиме, представлены основные результаты исследований и приведены обширные библиографические данные. Вместе с тем, можно отметить, что некоторые вопросы не получили в литературе достаточно полного отражения. К ним относится, например, подробное исследование зависимости относительной полосы пропускания ПЭП от конкретных конструктивных параметров преобразователя (удельных акустических импедансов демпфера, волновых размеров и удельных акустических импедансов протектора, переходных слоев и др.). Знание указанных зависимостей иногда может быть полезным при разработке ПЭП для неразрушающего контроля. В настоящей работе изложены некоторые результаты расчетно-теоретического исследования частотных свойств преобразователей, предназначенных для работы в иммерсионном режиме, в зависимости от значений удельных акустических сопротивлений демпфера. В работах [5–9] изложена методика расчета частотных характеристик пьезопреобразователей на примере применения пьезопластины в качестве активного элемента. Данная методика была применена для проведения исследования.

Проведенное в определенной системе, изучение частотных характеристик пластинчатого пьезопреобразователя в зависимости от степени демпфирования пьезоэлемента позволило построить ряд обобщенных кривых, отражающих влияние удельного акустического сопротивления демпфера на амплитуду

излучаемого сигнала и величину полосы пропускания. Указанные зависимости позволяют априорно проводить оценку частотных свойств преобразователей, предназначенных для работы в составе аппаратуры неразрушающего иммерсионного контроля изделий, материалов и полуфабрикатов.

Список литературы:

1. Домаркас В.И., Кажис Р.-И.Ю. Контрольно-измерительные пьезоэлектрические преобразователи. Вильнюс: Минтис, 1974. — 256 с.
2. Ультразвуковые преобразователи для неразрушающего контроля / под общ. ред. Ермолова И.Н. — М.: Машиностроение, 1986. — 280 с.
3. Королев М.В., Карпельсон А.Е. Широкополосные ультразвуковые пьезопреобразователи. — М.: Машиностроение, 1982. — 157 с.
4. Неразрушающий контроль: справочник: в 7 т. // под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 3: Ультразвуковой контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. — М.: Машиностроение, 2004.
5. Коновалов С.И., Кузьменко А.Г. Особенности импульсных режимов работы электроакустических пьезоэлектрических преобразователей. — СПб.: Политехника, 2014. — 294 с.
6. Коновалов С.И., Кузьменко А.Г. Физические основы работы и проектирования импульсных пьезопреобразователей в задачах измерения и контроля. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2016. — 228 с.
7. Коновалов С.И., Кузьменко А.Г. Укорочение длительности акустических импульсов в установках с раздельными излучателем и приемником // Дефектоскопия, 1995, № 6, С. 75-79.
8. Коновалов С.И., Кузьменко А.Г. Сравнение возможностей механического демпфирования преобразователей и использования согласующих слоев для получения коротких импульсов // Акустич. журнал, 1998, т. 44, № 1. — С. 119-120.
9. Коновалов С.И., Кузьменко А.Г. Исследование возможности излучения и приема коротких импульсов при использовании механического демпфирования или согласующих слоев // Дефектоскопия, 1998, № 8, С. 3-12.

Разработка системы реабилитации суставов в амбулаторный период

М. С. Ашапкина, А. В. Алпатов[1], А. А. Чекушин[2]

1 Рязанский государственный радиотехнический университет, Россия, Рязань

2 Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Россия, Рязань

Заболевания опорно-двигательной системы нарушают кровообращение и работу мышц, в свою очередь, ухудшают качества жизни пациента. Долгое лечение приводит к экономическим потерям вследствие временной или стойкой

утраты трудоспособности. Для восстановления двигательной функции пациенты нуждаются в проведении медицинской активной реабилитации, как в стационарный период, так и в амбулаторный [1].

Для успешной коррекции опорно-двигательной системы нужно заниматься лечебной физкультурой и естественной физической нагрузкой в виде ходьбы, допустимые пределы, которые устанавливает лечащий врач. Нужно точно соблюдать дозирование занятий, чтобы не создать неудобства при их выполнении и не помешать процессу восстановления. Однако такая реабилитация имеет основной недостаток — коррекция опорно-двигательной системы осуществляется в условиях стационара [2].

К сожалению, необходимое лечение получает не все нуждающиеся. В большинстве случаев качественные реабилитационные услуги есть только в крупных городах России и, как правило, представляются частными клиниками, которые не в состоянии обеспечить всех пациентов, к тому же стоимость такой реабилитации очень высока.

Основная проблема — недоступная реабилитация. Большая часть пациентов остаются одни на один со своей проблемой. И не менее актуальная проблема — отсутствие контроля восстановления вне стен стационара. Врач не может полностью контролировать процесс восстановления пациент, поэтому снижается эффективность всей реабилитации.

Решением данной проблемы предлагается в создании малогабаритной системы контроля правильности выполнения упражнений, которая является актуальной как для стационарного наблюдения, так и для амбулаторного периода.

Данная система состоит из следующих составляющих: устройство в виде браслета на ногу, web-сервер с расширенным анализом движений и программное обеспечение с экспертной оценкой, которая выдает индивидуальные рекомендации по коррекции образа жизни.

Когда пациент самостоятельно занимается физическими нагрузками в домашних условиях, система сравнивает новые значения с «эталонными» и, в случае ошибочного выполнения упражнения, дает рекомендации по коррекции. Также система анализирует особенности походки, и при обнаружении малейших изменений, связанных с ухудшением и возможным развитием рецидива после травмы или операции опорно-двигательного аппарата, предупреждает о необходимости показаться врачу.

Система регистрирует всю жизнедеятельность в течение длительного

промежутка времени, т. е. что именно человек делал весь день, сколько он был в движении, а сколько в покое. Ежедневно она отслеживает длительности периодов и правильности чередования режимов физической активности и отдыха. Позволяет осуществить распознавание полученных данных по типу, а именно: сидит, лежит, стоит, ходит и т. д.

Вся информация передается на web-сервер, где анализируется и результат представляется в виде гистограммы. По данным гистограммы с помощью специального программного комплекса можно определить основные параметры двигательной активности: частоту, скорость, амплитуду, периодический и хаотический характер движения тела человека, количество пройденных шагов и их качество, параметры походки. Система набирает не просто статистику малоинформативных данных, а анализирует полученную информацию о пользователе и его стиле жизни.

Такая система позволит и пациенту, и лечащему врачу отслеживать процесс и динамику восстановления в амбулаторный период. И при необходимости менять курс лечения.

Список литературы:

1. Бернштейн Н. А. Физиология движений и активность. — М.: Наука, 1990. — 247 с.
2. Уткин В. Л. Биомеханика физических упражнений. — М.: Просвещение, 1989. — 210 с.
3. Павлов А. Н. Методы анализа сложных сигналов. — Саратов: Научная книга, 2008. — 120 с.

Разработка биомеханического метода определения оптимальных нагрузок при искривлениях грудного отдела позвоночника

П.И. Бабчина, Е.М. Петрова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Аннотация. Заболевания, проявляющиеся в виде искривления позвоночника, сопровождаются обязательными ограничениями физической активности. Ограничения активного образа жизни в первую очередь необходимы для поддержания состояния искривленного позвоночника, а также для исключения прогрессирования искривления. При определении тех или иных допустимых нагрузок и ограничений, направленных на исправление искривления или поддержания состояния, врачи руководствуются лишь своим профессиональ-

ным опытом [1,3]. Таким образом, ограничение физической активности пациента происходит исходя из определенных критериев, вне зависимости от реального состояния структур деформированного грудного отдела позвоночника [1,2,3].

Ключевые слова: биомеханика позвоночника, эпюры напряжения, эпюры деформации, компьютерное моделирование

Целью исследования является разработка метода, позволяющего определить оптимальные и максимально допустимые нагрузки на деформированный сегмент грудного отдела позвоночника.

Разрабатываемый метод основывается на моделировании нагружений на деформированный сегмент грудного отдела позвоночника, отражающих результат физической активности пациента. Для этого необходимо на основе данных, полученных с помощью медицинских исследований, построить биомеханическую модель, максимально приближенную к реальной не только по структуре, но и по форме, и наиболее схожими с реальным позвоночником биомеханическими характеристиками для проведения экспериментов нагружения и получения результатов максимально приближенных к реальным.

Рис.1. Трехмерное отображение позвоночника в программе DICOM Viewer от компании Инобитек в проекции слева, спереди, сзади

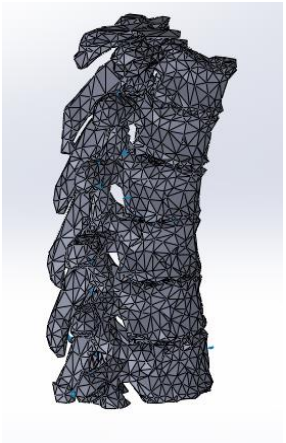


Рис.2. Модель сегмента деформированного грудного отдела позвоночника

Исследование включает в себя следующие этапы: постановка задачи, создание содержательной модели; выбор сегмента моделирования позвоночника, используя программу DICOM Viewer от компании Инобитек; послойное создание трехмерной геометрической модели сегмента в программе «Mimics» [4]; обработка модели в программе MeshLab; импорт модели в программу Solid Works; проведение экспериментов нагружения; обработка результатов и выявление зависимостей. Рисунок 1 показывает обработанное трехмерное изображение позвоночника в программном пакете медицинского назначении DICOM Viewer от компании Инобитек в трех проекциях. На рисунке 2 представлена полученная трехмерная модель деформированного сегмента грудного отдела позвоночника в программном пакете SolidWorks.

Комбинированное использование таких программ, как DICOM Viewer, Mimics, Solid Works, Meshlab позволяет создавать трехмерные модели, максимально приближенные к реальным, как по геометрическому строению, так и по биомеханическим свойствам материалов. Созданные модели можно использовать для проведения экспериментов, имитирующих нагружения на деформированный сегмент грудного отдела позвоночника, т.е. персонализированно. Для этого впоследствии будет использоваться оценка эпюр напряжений, перемещений и деформаций сегмента деформированного грудного отдела позвоночника при различных нагрузках.

Список литературы:

1. Исмагилов М.Ф., Галиуллин Н.И., Мингалеев Д.Р. Издержки современной практической неврологии // Неврологический вестник. — 2005. — Т. XXXVII, вып. 1– 2. — С.105-107.

2. Баиндурашвили А.Г., Кенис В.М., Мельченко Е.В., Ф. Гриль, Аль-Каисси А. Комплексное ортопедическое лечение пациентов с системными дисплазиями скелета // Травматология и ортопедия России. № 1. — 2014. — С. 34-43.

3. Делов В.И. Сколиоз — боковое искривление позвоночника // Ортопедия, травматология, протезирование. № 8. — 1974. — С.30-36.

4. Бегун П.И. Биомеханическое моделирование объектов протезирования // СПб.: Политехника, 2011. — 464 с.

Влияние голода на чувствительность инфузории

А.П. Батуева

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Вредные вещества в окружающей среде могут изменяться, усиливая свою токсичность. На организм воздействуют не один фактор, а несколько, что может также увеличивать вредное воздействие, поэтому следует применять биотестирование [1]. Одним из биоиндикаторов является инфузория. Ее особенностью является то, что они не имеют нервной системы, раздражение воспринимают всей клеткой и способны отвечать на них движением — таксисом, в связи с чем, эти микроорганизмы и их реакции можно рассматривать в качестве диагностических тестовых систем для выявления токсичности тестируемых веществ ТВ [2].

Цель: рассмотреть влияние голода на чувствительность инфузорий.

При проведении опыта использовали посуду из дутого стекла размерами 4,5 см х 1 см вместимостью 2 мл.

Клетки 4-х дневных культур собрали, промыли центрифугированием, и подвергли голоданию при плотности 400 клеток на 25 ед/л 18 ч.

1. Инфузории подвергали 18-ч голодания для каждой концентрации токсиканта 1 г (или 5 г).

2. Добавили 1 мл инфузорий в каждую из четырех наборов чаш.

3. Добавили одну из 5 капиллярных трубок, заполненных дрожжевым экстрактом с токсикантом в каждую чашу с инфузориями.

4. Повторили шаги 2 и 3 для подверженных токсикантом инфузорий.

5. Каждый капилляр удаляли через 15 минут после его добавления к кормушке, вливали содержимое капиллярной трубки на предметное стекло и добавляли раствор Люголя для подсчета инфузорий.

Период Голода

Численность хемеоавтотрофов увеличивается почти линейно до 18 ч. голодания, от 18 до 30 ч. не произошло существенного увеличения численности популяции. Рост популяции изо дня в день была меньше, после 18 ч. голодания, т. е. результаты, были постоянны.

Плотность клеток в чаше во время теста также влияет на количество клеток, притягиваемых к питательной среде. Используя 25, 50, и 100 инфузорий каждые 25 ед./л, привлечение к питательной среде увеличивалось при более

высокой концентрации клеток. Однако, если плотность слишком высокая (500 каждые 25 ед./л или 750 — 1000 каждые 25 ед./л) меньше клеток привлекаются к капиллярам, возможно, из-за физических взаимодействий, которые могут повлиять на поведение инфузорий или градиент аттрактанта может быть рассеян из-за плавания большого количества клеток в чашах.

В течение первых нескольких часов тело инфузории превращается в удлиненную форму. Эта форма не только позволяет быстрее плавать, но плавать прямее. Однако со временем они возвращаются к их оригинальной форме и поведению. Максимальное количество изменений произошло от 5 до 9 ч. после голодания, менее чем 10% клеток имели измененную форму после 12 ч [3].

Вывод: Рассмотренный в данной работе фактор голода увеличивает чувствительность инфузорий, что позволяет им быстрее реагировать на присутствие в среде токсичных веществ. Также данный метод повышения чувствительности очень удобен при 8-часовом рабочем дне, т.к. инфузорию можно оставить голодать на ночь, а утром проводить тестирование. В дальнейшем планируется провести такой же опыт с использование других видов инфузорий.

Список литературы:

1. Галлямова О.В. Токсичность / О.В. Галлямова [Электронный ресурс] // URL: http://www.pesticidy.ru/dictionary/toxicity (дата обращения 21.09.13).
2. Б/А. Класс Инфузории / А.О. Смолий [Электронный ресурс] // URL: http://sbio.info/materials/orgbiol/orgodnoklet/orgodno/105 (дата обращения 10.10.2006).
3. Peter G. Wells, Kenneth Lee, Christian Blaise Microscale Tasting in Aquatic Toxicology: Inroduction Historical Perspective, and Context, 1998.

Анализ влияния геометрических параметров бляшки внутренней сонной артерии на характер потока крови

Г. Т. Башарова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

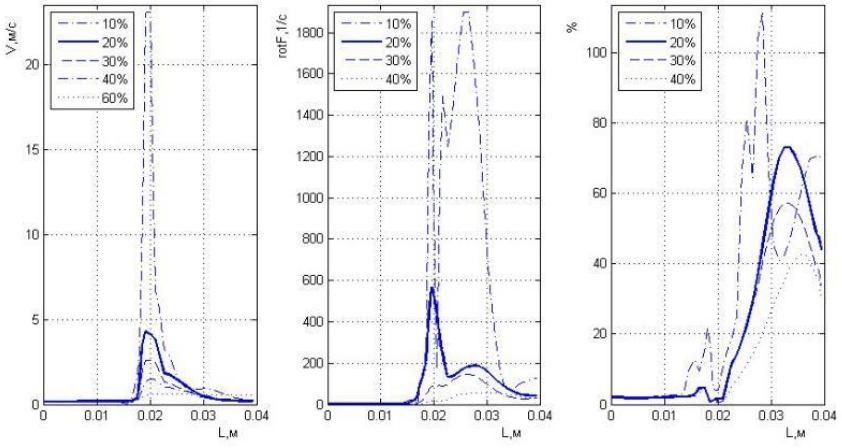
Актуальность. Хорошее кровоснабжение обеспечивается артериями с нормальной интимой и нормальным просветом сосудов. По мере увеличения размера и количества бляшек постепенно происходит сужение просвета сосуда, стенка артерии уплотняется. При полной закупорке сонных артерий или их ветвей возникает инсульт. С возрастом у людей чаще происходит стенозирование сонных артерий. В возрасте от 50 до 59 лет только 1% людей имеют существенное сужение сонных артерий, а в возрасте от 80 до 89 лет уже 10%

людей страдает от закупорки сонных артерий. Врачей интересует, на какой стадии развития находится бляшка и как изменяется кровоток в зависимости от просвета артерии.

Цели и задачи. Целью работы является изучение влияния параметров бляшки на характер кровеносного потока во внутренней сонной артерии. Задачи: разработать алгоритм исследования скорости потока в артерии при наличии бляшки в среде SolidWorks Flow Simulation; провести исследование влияния геометрии бляшки на параметры потока крови.

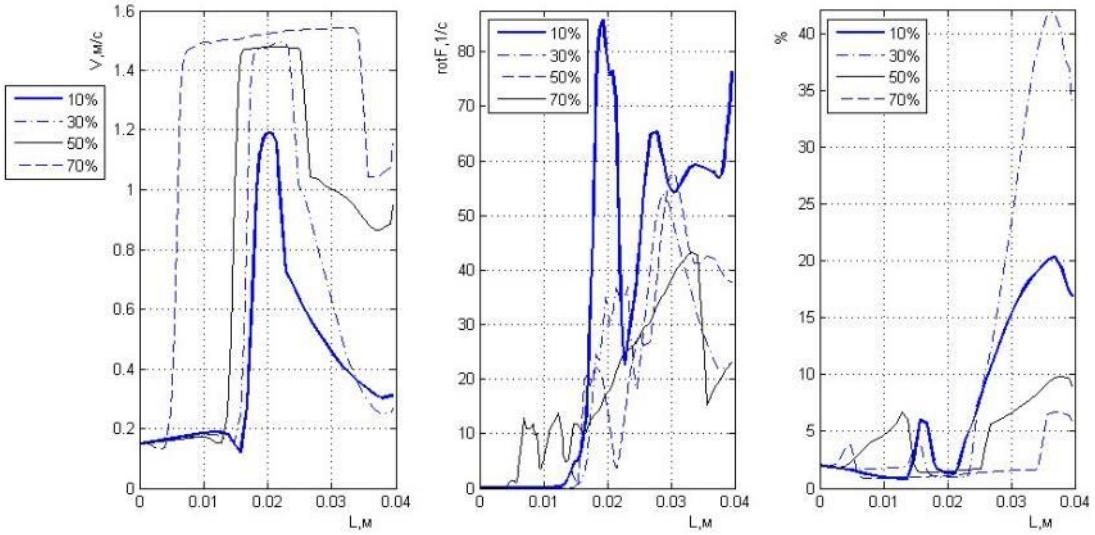
Внутренняя сонная артерия представлена недеформируемым цилиндром длиной 0,04 м; кровь моделируется как ньютоновская жидкость с динамической вязкостью 0,004 Па·с и плотностью 1050 кг/м^3; скорость потока на входе в артерию равна 0,15 м/с, на выходе из артерии давление 10 кПа; для расчета течения используются осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса с k-ε моделью турбулентности. Отношение диаметра просвета сосуда в области бляшки d к внутреннему диаметру сосуда D (D=0,005 м) и отношение длины бляшки l к длине сосуда L (L=0,04 м) изменяются от 0,1 до 0,9 с шагом 0,1. Внешний диаметр сосуда равен 0,006 м [1].

Результаты. На рис. 1 приведены изменения параметров крови по длине сосуда для случаев, когда d/D = 10,20,30,40,60 %, на рис. 2 — для случаев, когда l/L = 10,30,50,70 %. При сужении артерии скорость и завихренность увеличиваются, интенсивность турбулентности потока существенно увеличивается после прохождения потока через бляшку.



(а) (б) (в)

Рис. 1. Изменение характеристик потока по длине сосуда для разных диаметров его просвета в области бляшки: а — скорость, б — завихренность, в — интенсивность турбулентности потока



(а) (б) (в)

Рис. 2. Изменение характеристик потока по длине сосуда для разных длин бляшки: а — скорость, б — завихренность, в — интенсивность турбулентности потока

При увеличении длины бляшки скорость потока увеличивается в сужении сосуда, завихренность потока начинает расти в начале сужения, интенсивность турбулентности потока уменьшается с увеличением длины бляшки.

Выводы. Проведено исследование длины бляшки и диаметра просвета сосуда в области его сужения на скорость, завихренность и интенсивность турбулентности течения. При определении геометрических характеристик бляшки по ангиографическим снимкам с помощью численного моделирования можно выяснить, как влияет бляшка на общий кровоток в артерии.

Список литературы:

1. Бегун П.И. Моделирование в биомеханике: учеб. пособие // П.И. Бегун, П.Н. Афонин.- М.: Высш. шк., 2004. — 390 с.: ил.

Оценка внутрииндивидуальной вариабельности параметров форсированного выдоха

А. Л Башкова, Н. Е. Потапов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Исследование характеристик шумов форсированного выдоха (ФВ) является одним из перспективных направлений в диагностике обструкции дыхательных путей. Оценка внутрииндивидуальной вариабельности параметров

шумов ФВ — важная, но малоисследованная задача для практического внедрения данной методики. Раннее в работе [1] на модельной выборке из 10 человек, среди которых двое пациентов страдали бронхиальной астмой (БА), осредненное по всем обследуемым значение коэффициента вариации общей продолжительности трахеальных шумов ФВ составило 9,6%. Вместе с тем, исследование было проведено на относительно небольшой по объему выборке, не было сравнения полученных данных с показателями спирометрии, поэтому было принято решение продолжить исследования в данном направлении.

Цель исследования: определить уровень внутрииндивидуальной вариабельности характеристик шумов форсированного выдоха у пациентов с обструктивными заболеваниями легких в стадии ремиссии и обострения и здоровых людей. Рассматривается четыре группы пациентов. Первая группа формируется на базе кафедры пульмонологии СЗГМУ им. И.И. Мечникова — проводится контроль динамики обострения у пациентов, находящихся на амбулаторном лечении с ХОБЛ и БА. Остальные группы набираются среди студентов СПбГЭТУ «ЛЭТИ»: испытуемые с БА в стадии ремиссии, студенты у которых обструктивные болезни были диагностированы в детском возрасте и не проявляются долгое время, а также группа добровольцев без патологии дыхательной системы. Испытуемые, страдающие обструктивными заболеваниями, заполняют валидизированные опросники объективизации субъективных показателей состояния здоровья: БА — ACQ5, ACT, классификация астмы по уровню контроля по GINA, ХОБЛ — CAT, CCQ, mMRC. Инструментальный контроль осуществляется с помощью спирометрии (датчик дифференциального давления) и записи акустических шумов.

Обработка сигналов и измерение их параметров проводится в пакете программ MatLab.15. Измеряются следующие акустические параметры шумов ФВ: момент начала шумов ФВ, (t_{1j}) момент окончания шумов ФВ (t_{2j}), продолжительность трахеальных шумов ФВ (T_j), максимальное значение амплитуды временного ряда шумов ФВ (A_{mj}), момент времени, при котором достигается максимальное значение амплитуды временного ряда (t_{mj}), время от максимума до завершения выдоха (T_{mj}) [2]. Изначально сигнал записывается с частотой дискретизации Fd равной 24 кГц, затем путем прореживания исследуется влияние частоты дискретизации на формат получаемых данных.

На рис. 1 и рис. 2 приведен пример записи, рассчитанные параметры и спектрограмма форсированного выдоха.

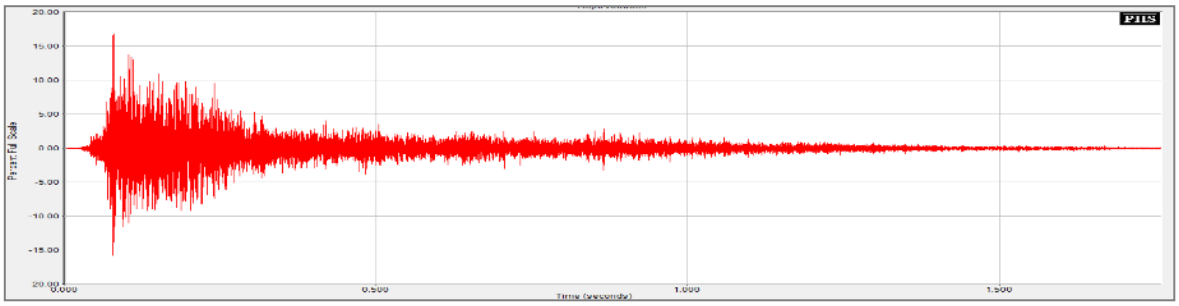


Рис.1 Временная диаграмма (осциллограмма) трахеальных шумов ФВ для полосы частот 200-2000 Гц в пакете SpectraPLUS

$t_{1(200\text{-}2000)} = 0{,}046$ (с), $t_{2(200\text{-}2000)} = 4{,}27$ (с),

$T_{200\text{-}2000} = (t_{2j}) - (t_{1j}) = 4{,}224$ (с), $A_m = 9{,}57$ (Дб), $t_{m200\text{-}2000} = 0{,}256$ (с),

$T_{m200\text{-}2000} = (t_{2j}) - (t_{mj}) = 4{,}014$ (с)

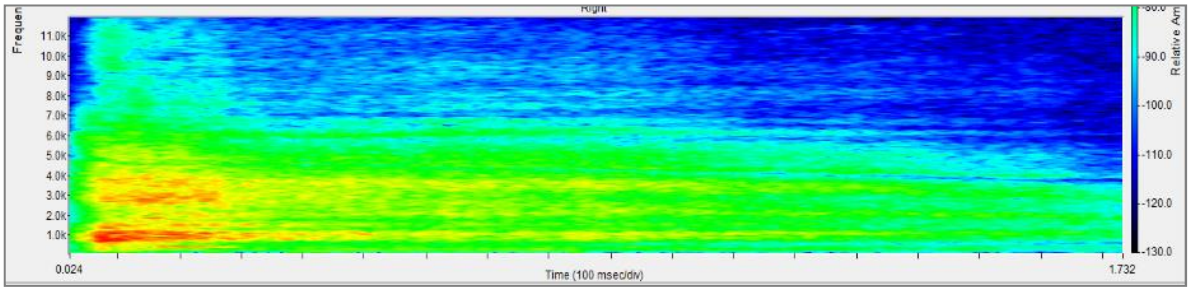


Рис.2 Спектрограмма трахеальных шумов ФВ в пакете SpectraPLUS с Fd=24000 Гц

В настоящий момент продолжается набор базы данных. Данные обрабатываются методами дисперсионного анализа и вычислением коэффициента вариации значений исследуемых параметров в пакете статистической обработки данных SPSS.

Список литературы:

1. Беловол Е.В., Почекутова И.А., Коренбаум В.И. Краткосрочная воспроизводимость параметров трахеальных шумов форсированного выдоха // Сборник трудов XVIII сессии Российского акустического общества. — М.: ГЕОС, 2006. Т.3. — С.148-151.

2. Коренбаум В.И., Почекутова И.А. Акустико-биомеханические взаимосвязи в формировании шумов форсированного выдоха человека. — Владивосток: Дальнаука, 2006.

Подограф портативный

Э.А. Даминова, Т.В. Мирина

ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный технический университет

Опорно-двигательная система человека является одной из важнейших систем в организме человека. Поэтому очень важно своевременное обнаружение патологий в состоянии этой системы. Сегодня современной медицине известны многие методы и методики для изучения опорно-двигательной системы человека и опорно-двигательной функции.

Развитие диагностической техники для оценки состояния опорно-двигательной системы сейчас находится в промежуточной стадии: наблюдается плавная тенденция к переходу от оптических методов диагностики к методам, использующим системы, основанные на измерении определенных физических величин, таких как давление.

Практическая реализация информационно-измерительных систем получения данных о давлении на первый взгляд проста: устройства состоят из блока датчиков, блока первичной обработки информационных сигналов, модуля связи и персонального компьютера, с установленным программным обеспечением вторичной обработки данных.

Использование беспроводных персональных систем Bluetooth позволит организовать биологическую обратную связь. Биологическая обратная связь — информационная обратная связь, относительно функционирования тела человека, которая действует как корректировщик, показывая человеку, как и в каком направлении, меняется тот или иной процесс в зависимости от совершаемых им действий. Внедрение беспроводной передачи информационно-измерительных сигналов позволит не только обеспечит систему надежностью, но и значительно уменьшить габариты блока первичной обработки сигналов. Так как закодированные сигналы будут поступать непосредственно на персональный компьютер, можно отказаться от использования в схеме устройства блока записи сигналов. Таким образом, сигналы с датчиков сразу будут преобразованы в код посредством использования аналого-цифрового преобразователя и переданы на персональный компьютер.

Нельзя не упомянуть об используемых в системе датчиках, так как они занимают центральное место в системе. Можно отметить, что наметилась тенденция к использованию в системах подобного типа первичных преобразова-

телей давления на основе тензоэффекта — всевозможных интегральных преобразователей давления, например, тензорезисторов. Тензорезисторы, как известно, уже зарекомендовали себя в других областях микроэлектроники [1].

В качестве альтернативы предложено использовать сенсоры. Преимущества их в современной форме, возможностях, габаритах, а еще и в возможности легкой интеграции с известными модулями микропроцессорной техники. Например, датчики FSR-402 производства компании Interlink Electronics являются совместимыми с современными микропроцессорными модулями, например, с платформой Arduino UNO.

Расположение датчиков соответствует основным зонам опорной нагрузки стоп человека, а также соответствует поясам и элементам постуральной стимуляции [2].

К положительным сторонам платформы можно отнести достаточное количество аналоговых и цифровых входов, наличие выходов с широтно-импульсной модуляцией, что позволит эффективно визуализировать проведенное измерение параметров. Также стоит отметить микроконтроллер платформы — это 8-ми разрядный, ATmega328PB.

Проблемы исследования движений человека имеют большое значение для медицины, спорта, трудовой деятельности людей. Анализ движений человека помогает диагностировать функциональные нарушения, планировать операции с учетом возможных изменений в двигательной системе больного, конструировать протезы и разрабатывать системы управления им, оптимизировать конструкции орудий труда и органов управления и т.д [3].

Список литературы:

1. Датчики: Справочник / З.Ю. Готра, Л.Я. Глиницкий и др. — Львов: Каменяр, 1995. — 312 с.

2. Гаже П.-М., Вебер Б. Постурология. Регуляция и нарушения равновесия тела человека. — СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2008. — 316 с.

3. Бегун П.И., Шукейло Ю.А. Биомеханика: учебник для вузов. — СПб.: Политехника, 2000. — 463 с.

Методика построения 3D-модели строения головы человека

П. А. Дубровина

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Актуальность. На сегодняшний день черепно-мозговая травма (ЧМТ)

относится к наиболее распространённым видам повреждений и составляет до 50% всех видов травм. Таким образом, ЧМТ всё больше становится междисциплинарной проблемой. Компьютерное моделирование головы на основе метода конечных элементов (МКЭ) в частности используется в качестве инструмента для анализа повреждений мозга. Модель дает возможность произвести биомеханический анализ состояния головы человека в результате удара и может быть использована для прогнозирования возможной травмы в случае переходных нагрузок [1].

Целью работы является разработка модели человеческой головы с возможностью проводить анализ для конкретного человека по его медицинским снимкам для дальнейшего изучения ее поведения при реальных нагрузках и в динамике.

Задачами данного исследования являются выработка собственного поэтапного алгоритма построения 3D модели головы человека, а также непосредственное изучение всех необходимых для этого компьютерных программ.

На данном этапе почти все научные публикации, касающиеся моделирования и исследования механики черепно-мозговых травм, используют единственную существующую модель головы, представленную Королевским Технологическим институтом [2]. В 2002 году в Стокгольме была разработана модель на основе метода конечных элементов. Модель головы КТН включает: кожу головы, череп, мозг, мозговые оболочки, спинномозговую жидкость, одиннадцать пар больших парасагиттальных вен и шею с расширением для спинного мозга и твердой мозговой оболочки [3]. Однако эта модель не позволяет учесть индивидуальные особенности пациента.

Преимущество новой методики заключается в том, что модель становится более индивидуальной и анатомически детализированной.

Разработанный алгоритм состоит из следующих этапов:

1. Просмотр серии снимков КТ и МРТ пациента в специализированной программе DICOMViewer1.8.9.
2. Программное 3D-моделирование по этим срезам.
3. Выделение одной из тканей путем выбора оптимальных параметров фильтра (по значениям плотности ткани).
4. Удаление структур, не используемых для дальнейшего исследования.
5. Экспорт поверхности в формате .stl, выбор оптимальных параметров (число итераций сглаживания и максимальное количество полигонов).

6. Проверка полученной поверхности и, в случае необходимости, исправление ошибок в полигонах в программе MeshLab.
7. Импорт в программу SolidWorks2013, создание твердотельной модели элемента. Сборка элементов модели головы человека.

Сейчас разработка модели, в зависимости от количества выделяемых структур, занимает много времени, требует медицинских знаний и навыков работы даже не в одной, а в нескольких компьютерных программах. Разработанный алгоритм позволит упростить построение модели и ускорить преобразование медицинского снимка в модель, готовую для анализа ее механических свойств с учетом индивидуальных особенностей пациента.

Список литературы:

1. Щаденко С.В. 3D-визуализация для планирования операций и выполнения хирургического вмешательства (CAS-технологии) / С. В. Щаденко, А. С. Горбачева, А. Р. Арсланова, И. В. Толмачев // Бюллетень сибирской медицины. — 2014. — Т. 13, № 4. — С. 165-171.
2. Клейвен С. [Kleiven S.] Finite Element Modeling of the Human Head. — Stockholm: Department of Aeronautics Royal Institute of Technology, 2002. — 63 с.
3. Клейвен С. [Kleiven S.], фон Хольст Х. [Hans von Holst], Хо Д. [Ho J.] Modeling and Simulation of Head Injury [Электронный ресурс] // Сайт Королевского технологического института. 2013. 2 сентября. URL: https://www.kth.se/en/sth/forskning/medicinsk-teknik/neuronik/forskningsprojekt/modellering-av-huvud-och-skadesimulering-1.410467 (дата обращения 20.02.2017).

Разработка универсального симулятора сигналов пациента

Л.А. Загирова, А.Л. Башкова, Е.С. Бегунов, Н.Е. Потапов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Регистрация электрокардиограммы (ЭКГ) является важной частью первичной диагностики состояния сердечно-сосудистой системы человека. Электрокардиографическое оборудование необходимо периодически поверять и настраивать. С точки зрения техники безопасности, сигналы, регистрируемые напрямую с пациентов, не могут быть использованы на этапе разработки или испытания (поверки) ЭКГ оборудования. Тем не менее, для того, чтобы протестировать производительность оборудования и отладить работу различных алгоритмов (т.е. программное обеспечение), реализуемых устройством, необходимы входные сигналы, имеющие параметры (форма сигнала, амплитуда, частота), максимально приближенные к реальной электрокардиограмме, реги-

стрируемой с человека. Исходя из этого, основным назначением разрабатываемого устройства является: формирование на выходе аналогового сигнала заданной пользователем формы, частоты и амплитуды для поверки стандартного электрокардиографического оборудования.

В качестве ядра устройства (рис.1) выступает микроконтроллер ATMega328 (МК). Для передачи управляющих данных с персонального компьютера на генератор сигналов пациента передача применяется виртуальный COM-порт, данные передаются в режиме реального времени пакетами не более 10 байт. Для реализации виртуального COM-порта использовалась микросхема-преобразователь UART <-> USB FT232. Для преобразования цифрового кода, поступающего с управляющего микроконтроллера, применяется специализированный цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП).

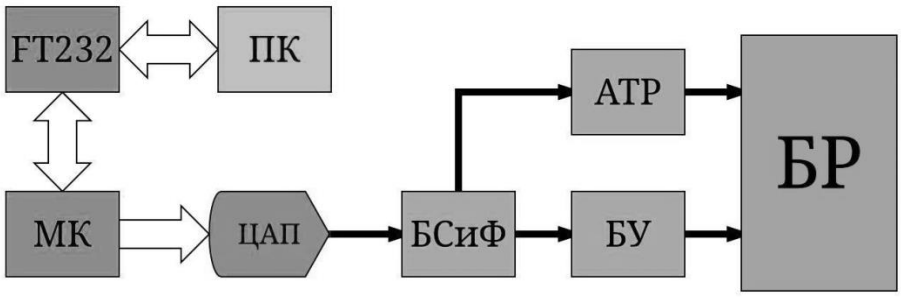


Рис.1. Структурная схема устройства

Аналоговый сигнал с цифро-аналогового преобразователя поступает на блок сдвига и фильтрации (БСиФ), где производится его сглаживание с помощью фильтра нижних частот, и сдвиг по уровню (удаление постоянной составляющей). Далее сигнал поступает на аналоговый аттенюатор (АТР) для ослабления на необходимый коэффициент (в 1, 10, 100 или 1000 раз) и на второй канал (БУ) с регулируемым коэффициентом усиления (с помощью цифрового потенциометра). Далее выходной сигнал поступает на блок выходных разъемов.

Микропроцессорный блок был реализован на базе микроконтроллера ATmega328. Данный микроконтроллер является основой распространенной аппаратно-программной платформы Arduino, что позволило применять для программирования микроконтроллера среду Arduino IDE и оригинальный бутлоадер для прошивки управляющей программы, что сильно упростило процесс отладки устройства.

Для преобразования цифрового кода, поступающего с управляющего

микроконтроллера, применяется специализированный цифро-аналоговый преобразователь MCP4921. Эта микросхема представляет собой 12-разрядный ЦАП для промышленного применения с высокой точностью преобразования и низким уровнем собственных шумов, не требует внешней калибровка или компенсации. Управление микросхемой осуществляется с помощью последовательного высокоскоростного SPI интерфейса.

В программной среде CircuitMaker была разработана принципиальная схема устройства, после чего была разведена соответствующая печатная плата. Спроектированная печатная плата была подготовлена к производству (собраны необходимые Gerber-файлы) на производственных мощностях фирмы Резонит (Москва), произведён монтаж компонентов на изготовленных печатных платах (рис.2). Корпус устройства был спроектирован в программе SolidWorks и напечатан на 3D принтере Picaso Designer.

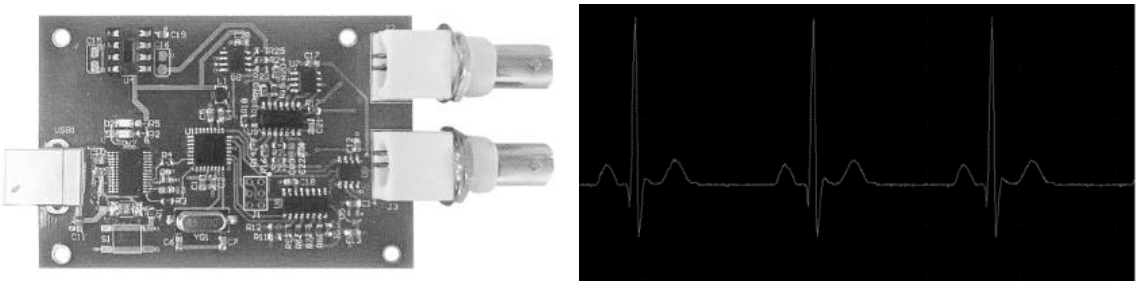


Рис.2. Печатная плата с запаянными компонентами и выходной сигнал

На рисунке 2 (справа) приведен аналоговый ЭКГ сигнал, снятый с выхода разработанного симулятора сигналов пациента при помощи цифрового осциллографа. Этот стандартный сигнал был смоделирован в программе MatLab загружен в виде массива дискретных отсчётов в память контроллера, и восстановлен с помощью цифро-аналогового преобразователя и аналоговых блоков обработки в виде, пригодном для дальнейших испытаний.

Система оказания экстренной медицинской помощи больным эпилепсией

Р.Б. Исаев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

По статистике Британского Эпилептического Общества (Epilepsy Society) во всём мире от эпилепсии страдают 60 миллионов человек. У таких больных периодически возникают эпилептические припадки. Статистика показывает, насколько сейчас актуальна проблема своевременного определения случаев эпилептических припадков и оказания экстренной медицинской помощи. Для решения проблемы предлагается разработка системы оказания экстренной медицинской помощи больным эпилепсией, содержащей инжекторное устройство введения лекарственных средств.

Целью данной работы является создание системы оказания экстренной медицинской помощи больным эпилепсией, позволяющей повысить качество оказания медицинских услуг.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: разработка алгоритмов выявления эпилептических припадков и оказания экстренной медицинской помощи; проектирование инжекторного устройства лекарственных средств; создание управляющей программы для смартфона.

Общий принцип работы системы заключается в определении случаев эпилептических припадков у пациента, и автоматизированного ввода определённой дозы лекарственных средств в организм пациента. Врач, исследуя данные о состоянии пациента, принимает решение о необходимости ношения системы, выборе лекарственного средства и его дозы.

Для определения случаев эпилептических припадков используется автоматический мониторинг мозга, который дает непрерывную информацию о состоянии мозга больного. Полученные данные сравниваются с пороговым значением амплитуды при эпилептическом припадке (выше 25 мкВ), и система принимает решение об оказании экстренной медицинской помощи пациенту.

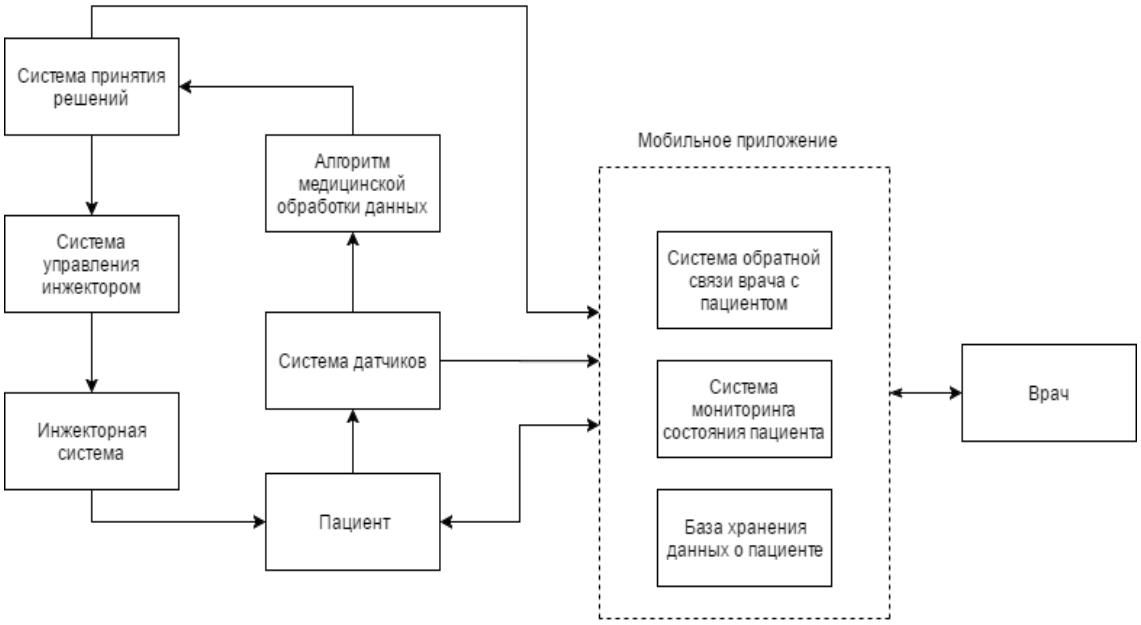


Рис.1. Структурная схема системы оказания экстренной медицинской помощи больным эпилепсией

Структурная схема системы оказания экстренной медицинской помощи больным эпилепсией (рис.1) состоит из следующих компонентов: системы датчиков, подключаемых к пациенту; медицинского алгоритма, отвечающего за обработку сигналов, полученных с системы датчиков; системы принятия решений, определяющей состояние пациента по полученным после обработки данным; инжекторной системы, при команде впрыскивающей лекарственное средство в организм пациента во время эпилептического припадка, согласно медицинскому алгоритму, и блока, отвечающего за управление инжекторной системы; мобильного приложения, представляющего собой телемедицинскую систему мониторинга состояния пациента, хранения данных о пациенте и обратной связи врача и пациента.

Алгоритм биомеханического исследования структур клапана аорты при кальцинозе

П.А. Квиндт, А.Л. Овсепьян, П.И. Бегун

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Актуальность. Кальциноз аортального клапана (АК) является одной из причин развития аортального стеноза, самого распространенного порока клапанов сердца. На стеноз АК приходится 54% всех клапанных патологий [1].

Существует два метода лечения стеноза АК, связанных с баллонной дилатацией: в первом — баллонная дилатация основной этап операции, во втором — малоинвазивной бесшовной имплантации протеза — начальный этап операции [1]. Проблема заключается в выборе необходимого давления в баллоне для разрушения комиссур при одновременном сохранении целостности фиброзного кольца.

Цель работы. Построить алгоритм и провести исследование состояния структур АК при баллонной дилатации.

Содержание работы. Разработан алгоритм исследования состояния структур АК при баллонной дилатации: 1. Построена содержательная модель баллонной дилатации АК; 2. Проведен анализ геометрических параметров и механических свойств структур АК по литературным источникам; 3. Построена компьютерная геометрическая модель стенозированного АК; 4. Построена компьютерная модель дилатации АК; 5. Проведен биомеханический анализ состояния структур АК при баллонной дилатации;

При построении содержательной модели введены допущения: материалы структур АК и комиссуры обладают условием сплошности, однородности и изотропности. Начальные напряжения в структурах отсутствуют. АК закреплен по фиброзному кольцу. Давление при баллонной дилатации равномерно распределено по створкам АК.

В состав модели входят: синусы Вальсальва, створки клапана, фиброзное кольцо и восходящий отдел аорты [2].

Заданы следующие механически свойства структур АК: модуль нормальной упругости синусов Вальсальва 0,2 МПа, створок клапана 20 МПа, фиброзного кольца 50 МПа, восходящего отдела аорты 0,1 МПа. Коэффициент Пуассона 0,4. Допускаемые напряжения в комиссурах АК 0,9 МПа [2].

Максимальное давление необходимое для дилатации клапана определяется по методу последовательного нагружения. Геометрическая компьютерная модель АК, построенная в программном комплексе SolidWorks 2016 представлена на рис. 1. Методика расчета напряженно деформированного состояния (НДС) отлажена в пакете SolidWorks Simulation.

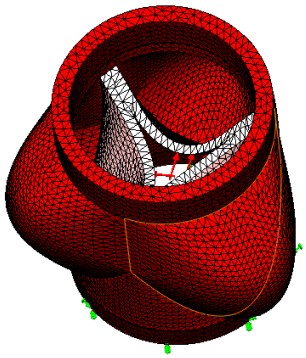


Рис. 1. Конечно-элементная модель стенозированного аортального клапана

Результаты работы. Проведены исследования НДС в структурах АК. На рис. 2 приведена эпюра напряжений в комиссурах АК в начальный момент разрушения.

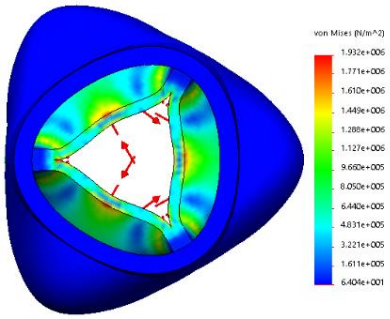


Рис. 2. Эпюра напряжений на начальном этапе разрушения комиссур

Заключение. Реализован алгоритм исследования состояния структур АК при его баллонной дилатации, который позволит проводить предоперационную диагностику этой эндоваскулярной операции.

Список литературы:

1. Овчаренко Е.А. Биотехническая система бесшовной имплантации аортального клапана сердца: дис. ... канд. техн. наук. — Кемерово, 2016. — 184 с.
2. Бегун П.И., Шукейло Ю. А. Биомеханика. — СПб.: Политехника, 2000. — 463 с.

Устранение шумов в ЭМГ-сигнале с помощью дискретного преобразования Фурье

Г.С. Киселев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Актуальность задачи обусловлена тем, что одной из важных проблем

в анализе цифровых сигналов является получение очищенного от шумов. Одним из наиболее эффективных методов решения задачи очистки цифрового сигнала от шума является дискретное преобразование Фурье.

Целью работы является создание модуля по очистке входных дискретных сигналов от шумов для системы обработки ЭМГ — сигналов. Эта система предназначена для распознавания жестов языка глухих и обмена полученной информацией в рамках IoT. В качестве входных данных в ней выступают колебания поверхностного потенциала мышц предплечья. Амплитуда такого колебания не превышает нескольких милливольт, поэтому усиленный сигнал должен очищаться от гармонической помехи для дальнейшей обработки. Модуль должен осуществлять получение спектров входного сигнала, определение наличия в нем некоторого стационарного шума, обработку спектра для очистки шума и получение на основе этих операций очищенного сигнала.

Для решения поставленной задачи была написана программа на C++, обеспечивающая считывание и обработку входного сигнала.

Входные данные поступают в программу через последовательный порт с платы Arduino, к которой подключены аналоговые ЭМГ — датчики. В качестве датчика используется собранная на макетной плате схема, содержащая дифференциальный усилитель для получения потенциала между поверхностными электродами и активный фильтр. Во входных данных содержится номер сообщения и 10 — разрядные данные от каждого датчика.

Обработка сигнала осуществляется с помощью быстрого преобразования Фурье.

Алгоритм обработки сигнала:

1. Считывание входного сигнала.
2. Применение оконной функции. (Прямоугольного, Ханна, Хэмминга или Блекмана)
3. Быстрое преобразование Фурье для получения амплитудного и фазового спектров входного сигнала.
4. Вычитание амплитудного спектра шума из амплитудного спектра сигнала.
5. Оценка полученного амплитудного спектра.
6. Обратное быстрое преобразование Фурье.
7. Синтез очищенного сигнала методом перекрытия со сложением

Пример входного зашумленного и обработанного сигналов со значащими всплесками приведен на рисунке 1.

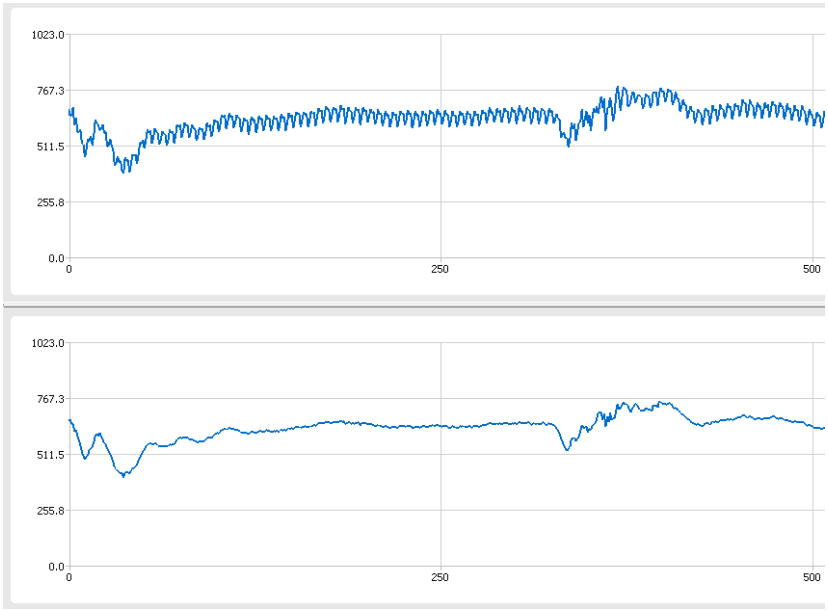


Рис. 1. Пример входного и обработанного сигналов

Таким образом, на сегодняшний день написана программа на C++, обеспечивающая считывание и обработку входного сигнала, решена задача очистки сигнала от шума. В дальнейшем планируется доработать модуль, чтобы добавить возможность переобучения обработчика на спектры других шумов. Также планируется разработка классификатора сигналов на основе дискретной фильтрации с помощью ДПФ для выделения жестов из множества входных сигналов и интеграция в IoT-платформу для обеспечения доступа к обработанным данным.

Список литературы:

1. Солонина, А.И. Цифровая обработка сигналов и MATLAB: учеб. пособие / А. И. Солонина, Д.М. Клионский, Т.В. Меркучева, С.Н. Перов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2013. — 512 с.: ил.

2. Чучупал В.Я. Цифровая фильтрация зашумленных речевых сигналов / В. Я. Чучупал, А. С. Чичагов, К. А. Маковкин — М. : Вычислительный центр РАН, 1998. — 52 с., ил.

Разработка автоанализатора для определения ХПК в сточных водах

А.С. Кузюкова, М.С. Степанова, Е.С. Сучкова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Химическое потребление кислорода (ХПК) считается одним из наиболее информативных показателей антропогенного загрязнения вод. Превышение

ХПК говорит о большом количестве неорганических веществ, появляющиеся от промышленных или бытовых стоков с агрессивными химическими веществами. Результаты определения окисляемости выражаются в миллиграммах потребленного кислорода на 1 л воды (мгО/л).

Электрохимический анализатор ХПК предназначен для экспресс-измерений массовой концентрации кислорода, потребляемого при химическом окислении (ХПК) в соответствии с методикой выполнения измерений в экологических лабораториях под управлением специально обученного человека (лаборанта). При проведении данного анализа вручную по эталонной методике необходимо затратить более двух часов на анализ одной пробы. Автоанализатор позволяет сократить время анализа и обеспечивает комфорт проведения исследования, так как окисление и подготовка реагентов проводятся при высоких температурах (более 120°С)

Объекты анализа: сточные, технологические воды, вытяжки почв и донных отложений, вытяжки микробиологических, физиологических и др. сред с высоким содержанием ХПК более 30 мгО/л.

Метод измерения ХПК — бихроматное окисление с прямой потенциометрией. На выходе получаются значения ХПК, производится сравнение с нормами.

Анализатор разделяется на 3 условных блока: блок пробоподготовки, блок анализа и блок обработки данных. На рис. 1 представлена структурная схема автоанализатора.

В блоке пробоподготовки происходит ручной пробоотбор (РП), пробоподготовка (ПП) и, в случае, если анализ не может быть проведен в день взятия пробы, консервация проб (КН). Для выполнения пробоподготовки используются дозатор (Д-1) игольного типа и нагревательный блок (Н).

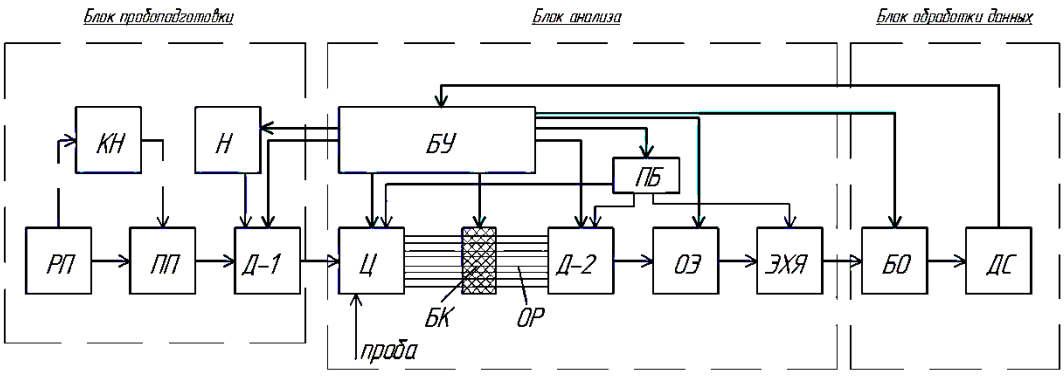


Рис.1. Структурная схема автоанализатора

Блок анализа состоит из центрифуги (Ц) с 8 кюветами для проб и 8 кюветами для реагентов; блока клапанов (БК), контролирующих поочередную подачу анализируемого раствора к дозатору Д-2 (осуществляет дозирование анализируемого раствора во избежание смешивания разных проб, и обеспечивает промывание ЭХЯ и путей прохождения раствора); области реакции (ОР), где происходит окисление пробы бихроматом калия; охолождающего элемента (ОЭ); 2-х электродной элетрохимической ячейки (ЭХЯ), работающей по принципу потенциометрического детектирования; блока промывки (ПБ), и блока управления (БУ), который синхронизирует работу представленных звеньев. и подает всю информацию на блок обработки БО. Осуществлять контроль над БУ можно с помощью пульта управления, выведенного на дисплей ДС.

Блок обработки (БО) поступивших данных, который осуществляет распознавания сигналов, пришедших с ЭХЯ и БУ, проводит градуировочные графики, выдает окончательный результат на ЖК-дисплей ДС и позволяет обработать его. Представляет собой МЭВМ.

Поверка правильности работы анализатора должна проводиться не реже одного раза в 12 месяцев. Для этого осуществляется анализ контрольных образцов и построение контрольных карт Шухарта.

Список литературы:

1. Гарин В.М., Клёнова И.А., Колесников В.И. Экология для технических вузов // Серия «Высшее образование» / Под ред. В.М. Гарина. — Ростов н/Д: Феникс, 2003. — 384 с.
2. Садыкова Е.В. Аппаратура для клинико-диагностических лабораторий: учебное пособие. — СПб.: СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2004. — 80 с.
3. ГОСТ 31859-2012. Метод определения химического потребления кислорода.

Современные методы опреснения морской воды

А.А. Ледкова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Одна из главных проблем современности — обеспечение населения питьевой водой, без отрицательного воздействия на окружающую среду.

Воды Мирового океана занимают 96,4 % от объёма гидросферы Земли, но соленость морской воды не позволяет использовать её в промышленных, сельскохозяйственных и пищевых целях. Поэтому встал вопрос по разработке различных методов опреснения морских вод (снижение концентрации *NaCl* до 1 г/л).

Целью данной работы является рассмотрение применяемых методов опреснения воды, в частности их достоинства и недостатки, выбор наиболее оптимального метода с точки зрения экологичности и экономичности метода.

На данный момент методы опреснения морской воды делятся на три группы: физические, химические и биологические. Физические методы включают в себя дистилляцию, обратный осмос, электродиализ. К химическим методам относят ионный обмен и химическое осаждение. Биологическое опреснение производится при помощи фотосинтезирующих водорослей, которые обладают способностью избирательно поглощать $NaCl$ из морской воды. К сожалению, ни один метод не является универсальным, но каждый по-своему эффективен для определенных условий.

Приведу описание наиболее распространенных в России методов опреснения: ионный обмен, дистилляция и метод обратного осмоса.

Метод ионного обмена представляет собой обратимую химическую реакцию обмена ионами между ионами воды (H^+, OH^-) и ионитами. Этот метод используется в различных областях: атомная энергетика, пищевая и медицинская промышленность, цветная металлургия и так далее. Достоинствами ионообменного способа является небольшой расход электроэнергии, простота оборудования, малый объем сбросных вод. Недостатки: большой расход реагентов, сложная технология процесса, стоимость зависит от объема обрабатываемой воды.

Дистилляция — опреснение воды, состоящее из выпаривания морской воды, улавливания получившегося пара и его последующее охлаждение, в результате которого получают пресную воду. Осуществляется с помощью дистилляционных установок различных типов: одноступенчатые и многоступенчатые. Основным достоинством дистилляции при помощи многоступенчатых установок является то, что на одну единицу пара можно получить большее количество опресненной воды [1]. Недостатки: высокая стоимость, большие затраты энергии, эффективность снижается из-за образования накипи в установках.

Метод обратного осмоса применяется в опреснительных установках фильтрационного типа. Этот метод состоит в том, что морскую воду под давлением пропускают через полупроницаемую мембрану, которая пропускает только молекулы воды, и получают очищенную воду. Мембраны изготавливаются из тонкопленочного композита и различаются по своей пропускной спо-

собности и степени очистки. С помощью обратного осмоса морская вода очищается на 97% [1]. Достоинства: простота и доступность метода, даже для бытовых условий. Недостатки: необходимость своевременной замены мембран, на выходе дополнительная установка для очистки воды от масел.

При более детальном рассмотрении методов деионизации морской воды, можно сделать **вывод**, что наиболее оптимальным способом обессоливания морской воды являются фильтрационные установки, использующие метод обратного осмоса. Такие установки просты в использовании, работают в автоматическом и полуавтоматическом режиме, обладают хорошей производительностью.

Экономическая сторона вопроса опреснения морской воды зависит в основном от энергии, затрачиваемой на весь процесс. Так как из всех способов наименее энергозатратным является метод обратного осмоса, то можно рассмотреть себестоимость опреснения 1 кубометра воды. Она зависит от: производительности, потребляемой мощности, реагенты, компоненты фильтра, мембраны, обслуживание установки. По данным для установки производительностью 450 $м^3$/сутки себестоимость 1 $м^3$ воды составит 20,6 рублей (по курсу $1= 60 рублей) [2]. Можно сказать, что чем выше производительность установки, тем дешевле будет себестоимость опресненной воды.

С точки зрения экологичности процессов очистки вод, то есть количества сбрасываемых солей со стоками, метод обратного осмоса является наиболее эффективным. Обычно вода, сбрасываемая после установок обратного осмоса, содержит солей в 2,5-4 раза больше, чем исходная вода. Состав концентрата в стехиометрическом соотношении аналогичен составу исходной воды, что позволяет сбрасывать стоки без применения дополнительных методов очистки [3].

Список литературы:

1. Мосин О. В. Физико-химические основы опреснения морской воды / О. В. Мосин. // Сознание и физическая реальность. — 2012. — Т. 17. №1. — С. 19-30.

2. Себестоимость опресненной воды [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://aqua-just.com/stati/sebestoimost-opresnennoy-vodi.html, свободный.

3. Обессоливание воды [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://wwtec.ru/index.php?id=30, свободный.

Исследование эффективности применения терагерцевого излучателя для ранней диагностики заболеваний молочной железы

Л.М. Некрасова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

По данным Российского общества акушеров-гинекологов, количество заболеваний молочных желез неуклонно растет во всем мире. Нераковыми заболеваниями молочных желез страдает до 70% женщин. В России ежегодно выявляется более 34 000 новых случаев рака молочных желез[1]. Возраст заболевших непрерывно снижается. На этом фоне вопросы профилактики и диагностики заболеваний молочной железы становятся особенно актуальными.

Международная статистическая классификация болезней выделяет несколько категорий заболеваний молочной железы. Условно делят на две группы — доброкачественные и злокачественные. К злокачественным относится рак молочной железы, к доброкачественным — все остальные. Рак молочной железы успешно излечивается на ранних стадиях, поэтому основным методом борьбы с ним считается превентивная диагностика.

Существует целый ряд методов исследования, каждый из которых имеет свои область применения, преимущества и недостатки. Как правило, для получения исчерпывающей картины используется несколько видов диагностики.

1) Клиническое исследование молочных желез (пальпация, осмотр). Проводится с целью выявления необходимости в более серьезном обследовании.

2) Лучевая диагностика молочных желез. Наиболее распространенный метод диагностики. Позволяет определить доклинические формы заболеваний молочной железы.

3) Маммография. Обзорное рентгеновское исследование.

4) Прицельные рентгенограммы. Детальное исследование отдельных участков молочной железы.

5) Ультразвуковое исследование молочных желез. Назначается врачом с целью уточнения диагноза или, когда рентген противопоказан.

6) Компьютерная томография. Используется, когда нет уверенности в природе найденного образования, а также в случае распространения метастаз.

7) Цитологическое (гистологическое) исследование. Уточняющая диагностика, необходимая для оценки доброкачественности/злокачественности образования.

Несмотря на большое количество методов исследования, каждый из них имеет свои недостатки и противопоказания, что значительно усложняет работу при выявлении заболеваний молочной железы.

Исследовательской группой под руководством профессора физико-технического института им. Иоффе Н.Т. Баграева был предложен метод ранней диагностики заболеваний молочной железы с помощью терагерцевого излучателя [2], настроенного на прием излучения молочной железы пациента. Запись полученных результатов представляется в виде графика вольт-амперной характеристики, соответствующей определенному состоянию молочной железы. Анализ полученных данных направлен на выявления частот колебаний клеток живой ткани и соотношение этих частот с состоянием живой ткани.

Данный метод диагностики позволит выявлять патологии молочной железы на клеточном уровне на ранних сроках. Процедура является безболезненной и безопасной для пациента, поэтому не имеет противопоказаний.

В настоящее время терагерцевый излучатель активно используется в маммологических исследованиях с целью накопления данных и формирования статистики.

Список литературы:

1. Методы исследования молочных желез: характеристики, возможности и противопоказании [Электронный ресурс]//Комсомольская правда. 2015. URL: http://www.kp.ru/guide/issledovanie-molochnykh-zhelez.html (дата обращения: 27.02.2017).

2. Баграев Н.Т. Терагерцевая кремниевая наноэлектроника в медицине/ Н.Т. Баграев и [др.] //Инновации. — 2011. — №10 (156) (дата обращения: 27.02.2017).

Автономный электростимулятор желудочно-кишечного тракта

А. А. Нугманова

ФБГОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»

Существует большое количество болезней желудочно-кишечного тракта обусловленных неправильной работой мышечной ткани желудочно-кишечного тракта. В современном мире разработано множество методов электростимуляции, которые можно условно разделить на внутриполостные, внутритканевые и наружные [5]. Применение автономного электростимулятора желу-

дочно-кишечного тракта позволяет пациенту в любых условиях активизировать участки желудочно-кишечного тракта.

Для разработки устройства было изучено строение, нормальная работа желудочно-кишечного тракта, болезни, которыми подвержен желудочно-кишечный тракт, методы и аппараты для его стимуляции, такие как «Ампли-пульс-4», «Алмаг-02», «Эндотон-01Б», были выбраны электроды полусферической формы и из стали 12Х18Н9, которые образуют корпус устройства.

По исследованиям А. А. Вишневского и А. В. Лившицкого [1] токовый порог возбудимости в разных отделах ЖКТ должен находиться в пределах 2-15 мА, и в разных отделах ЖКТ он меняется.

С использованием теоретических данных и патентных исследований, была разработана структурная схема автономного электростимулятора желудочно-кишечного тракта, состоящая из генератора стимулирующих импульсов, блока измерения импеданса, блока ограничения напряжения, блоков электродов.

Автономный электростимулятор ЖКТ работает следующим образом. Генератор стимулирующих импульсов начинает генерировать серии импульсов с максимальной амплитудой тока. В тоже время с генератором стимулирующих импульсов включается блок измерения импеданса. Он измеряет импеданс ткани желудочно-кишечного тракта с помощью электродов. Одновременно с этим сигнал с выхода генератора стимулирующих импульсов поступает на информационный вход блока ограничения, на выходе которого формируется серия импульсов с линейно возрастающей амплитудой. Эта серия импульсов поступает на электроды автономного электростимулятора ЖКТ. В то время как значение импульса достигает величины порога возбуждения стенок желудочно-кишечного тракта, в блоке измерения импеданса формируется управляющий сигнал, который управляет блоком ограничения и запрещает дальнейшее формирование данных импульсов. Блок ограничения переходит к этапу формирования новой серии стимулирующих импульсов, когда с выхода генератора стимулирующих импульсов поступает следующая серия импульсов.

Использование разработанного устройства позволит улучшить работу органов желудочно-кишечного тракта.

Список литературы:

1. Вишневский А. А., Лившиц А. В., Вилянский М. П. Электростимуляция желудочно-кишечного тракта. М.: Медицина, 1978. — 184 с.

2. Шило В. Л. Популярные цифровые микросхемы. Справочник. Москва, «Радио

и связь», 1987.
3. Ивашкин В. Т., Шептулин А. А., Лапина Т. Л. и др. Диагностика и лечение функциональной диспепсии. Гл. 3. Функциональная диспепсия и хронический гастрит / Методические рекомендации для врачей. — М.: Российская гастроэнтерологическая ассоциация, 2011. — 28 с.
4. Гусев В. Г. Получение информации о параметрах и характеристиках организма и физические методы воздействия на него: учебное пособие — М.: Машиностроение, 2004. — 597 с.
5. Уразбахтина Ю. О. Биотехнические системы и технология: метод. пособие. — Уфа.

Микропроцессорная система диагностики сонного апноэ в домашних условиях

А. Л. Овсепьян, Чан Чонг Хыу, Е.В. Садыкова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Цель: разработка микропроцессорной системы диагностики апноэ сна в домашних условиях для максимально комфортного и информативного мониторинга кардио-респираторной деятельности спящего, для выявления нарушений сна и дальнейшего применения мер по улучшению его качества.

Введение: Апноэ сна (АС) является одним из основных факторов увеличения риска сердечно-сосудистых заболеваний, инфаркта, инсульта и внезапной смерти во сне. Так же, с АС связаны раздражительность, сексуальная дисфункция и гипертония [1]. Статистика показывает, что у более чем 100 миллионов человек по всему миру подозрения на события АС, 80% из которых не диагностированы [2]. Это связано с процедурой диагностики апноэ — полисомнографией. Проблема в том, что полисомнография — это сложная и неудобная процедура, которая проводится только в клинических условиях, что вызывает дискомфорт у пациента [3, 4]. Для решения этих проблем предлагается структура аппаратно-программного комплекса для мониторинга и диагностики сонного апноэ путем регистрации пяти биомедицинских сигналов в домашних условиях.

Обоснование структуры: в ходе анализа литературы, были выявлены наиболее значимые диагностические показатели: ЭКГ, сатурация крови кислородом (SpO2), ФПГ, грудное и брюшное дыхательные движения [4]. В данной схеме (рис.1) съем трех отведений ЭКГ реализован с помощью электродной системы (ЭС), где переключение отведений осуществляется с помощью

мультиплексора (МП), далее аналоговый сигнал проходит блок фильтрации и усиления, чтобы выделить полезную составляющую сигнала и оцифровать сигнал. Оцифрованный сигнал проходит предварительную обработку в микроконтроллере (К1). Съем ФПГ и вычисление сатурации происходит с помощью оптрона, конструкция которого включает 3 источника излучения (И) и фотодиода (ФД). Микроконтроллер (К2) через ЦАП и драйвер контроля тока (ДКТ) управляет источником излучателя (И). Отраженные с биообъекта (БО) лучи, попадая на фотодиод формируют ток, который преобразуется в напряжение в блоке преобразования ток-напряжение (ПТК), затем сигнал фильтруется и усиливается для АЦП. Оцифрованный сигнал попадает в микроконтроллер (К2), где вычисляется SpO2 и формируется ФПГ.

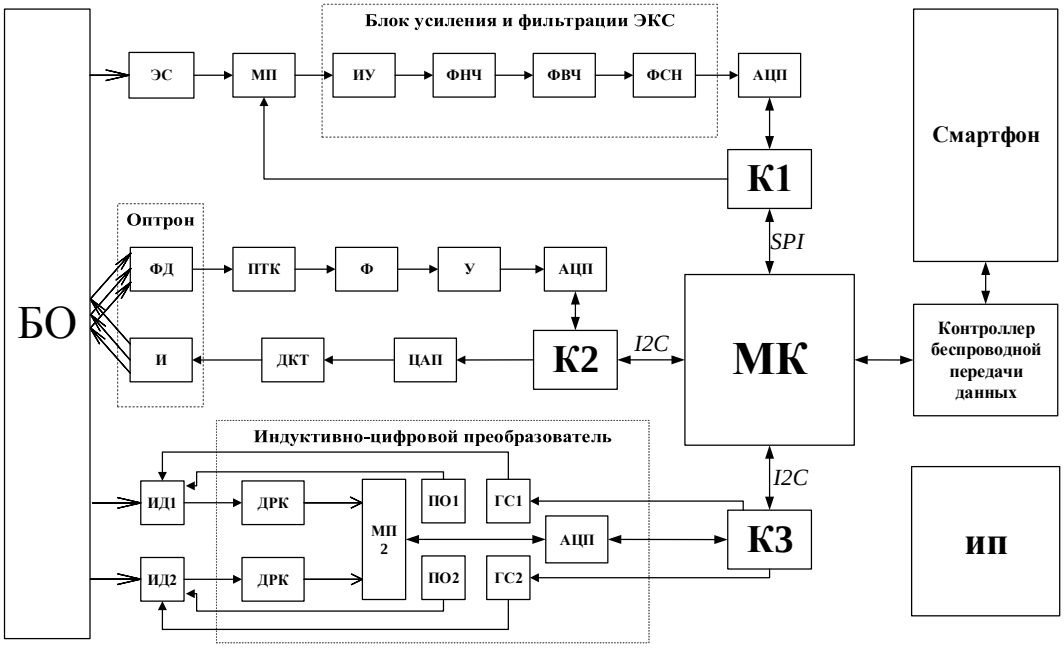


Рис.1. Структурная схема микропроцессорной системы для диагностики апноэ сна

Грудное и брюшное дыхательные движения регистрируются с помощью индуктивных датчиков (ИД), сигнал с которых поступает в индуктивно-цифровой преобразователь. Три микроконтроллера (К1, К2, К3) по протоколу SPI и последовательной ассиметричной шине I2C передают предварительно обработанные данные в главный микроконтроллер (МК), который с помощью контроллера беспроводной передачи данных осуществляет связь со смартфоном. Питание всей схемы осуществляется с помощью аккумуляторной батареи (ИП).

Заключение: описанная выше структурная схема позволяет создать аппаратно-программный комплекс для диагностики апноэ сна, а современная

элементная база AFE дает возможность повысить метрологические характеристики и сделать прибор максимально эргономичным. Данная система позволит осуществлять высокоточный мониторинг сердечно-сосудистой деятельности организма пациента в домашних условиях.

Список литературы:

1. Бузунов Р.В., Легейда И.В. Храп и синдром обструктивного апноэ сна: пособие для врачей. — М., 2010.
2. Nathaniel F. Watson, MD, MSc Health Care Savings: The Economic Value of Diagnostic and Therapeutic Care for Obstructive Sleep Apnea // Journal of Clinical Sleep Medicine, Vol. 12, No. 8, pp 1075-1077, 2016.
3. Laiali Almazaydeh, Khaled Elleithy and Miad Faezipour «A Panoramic Study of Obstructive Sleep Apnea Detection Technologies» Department of Computer Science and Engineering University of Bridgeport Bridgeport, CT 06604, USA.
4. Юлдашев З.М., Садыкова Е.В., Чан Чонг Хыу Микропроцессорная система для диагностики сонного апноэ. — Медицинская техника, 2016. № 5 (299). — С. 30-33.

Алгоритм проведения исследований внутренних органов

А.Л. Овсепьян, П.А. Квиндт, Е.А. Лебедева

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Введение: в последние годы технологии прототипирования представили новые возможности в визуализации сложных анатомических структур путем генерации виртуальных моделей, которые широко используются в предоперационном планировании для выбора оптимальной стратегии хирургического вмешательства, для оценки реакций тканей на воздействие сред, динамики жидкостей в полых органах, и протезировании [1, 2]. Существует специализированное ПО, позволяющее без труда строить мультипланарные реконструкции реальных органов и проводить линейный статический анализ. Но когда встает вопрос об исследованиях полых органов на газо-гидродинамику, возникает ряд сложностей, которые решаются только комплексным подходом [3]. Поэтому, целью работы является разработка алгоритма исследования внутренних органов в цифровом формате и минимизация времени решения линейных статических и динамических задач CAD-пакетами, минуя искажения геометрии реального внутреннего органа.

Подготовка данных к исследованию: в ходе исследования гидродинамики почечной лоханки в норме и при патологии был разработан алгоритм проведения исследования внутреннего органа, который позволяет

создать его виртуальную модель и дает возможность проведения статического и динамического анализа. Основные этапы разработанного алгоритма:

1) Мультипланарная реконструкция
2) Сегментация и триангуляция области для создания сетки STL-binary в воксельном рендере
3) Подготовка сетки и ее фильтрация в программе MeshLab
4) Импорт и воссоздание топологии модели в SolidWorks ScanTo3d
5) Придание толщины, задание материала, граничных условий
6) Статодинамический анализ полученной модели в CAD-пакетах

Мультипланарная реконструкция полученных снимков осуществлена с помощью программы DICOM-viewer. В ней же происходит сегментация и триангуляция нужной области исследования. В результате, получается STL-модель, состоящая из более чем двадцати тысяч симплексов, включая артефакты сегментации, что делает невозможным корректный анализ такой модели в CAD-пакетах. Для того, что бы уменьшить количество симплексов, используется программа для подготовкиSTL файлов к 3D печати MeshLab, а именно, инструмент Edge collapse decimation. Чтобы избежать существенного искажения геометрии модели, было принято решение сократить количество симплексов до десяти тысяч и отфильтровать артефакты сегментации с помощью сглаживания по Лапласу[4]. Теперь, STL-файл успешно читается пакетом SolidWorks, однако провести исследование не представляется возможном по нескольким причинам: так как поверхность состоит из десятка тысяч симплексов, невозможно избежать интерференции при придании поверхности толщины[5]. Статический и динамический анализ в SolidWorks построен на методе конечных элементов, что подразумевает создание сетки конечных элементов. А в условиях ограниченных вычислительных мощностей, мы ограничены малым числом элементов сетки.

Для решения этих проблем предлагается прибегнуть к использованию утилиты ScanTo3D. Она позволяет создать замкнутый твердотельный элемент из сетки или облака точек, которому в дальнейшем можно придать свойственную исследуемому органу толщину. Создание топологической сетки реализовано с помощью алгоритма восстановления поверхности Пуассона[6].

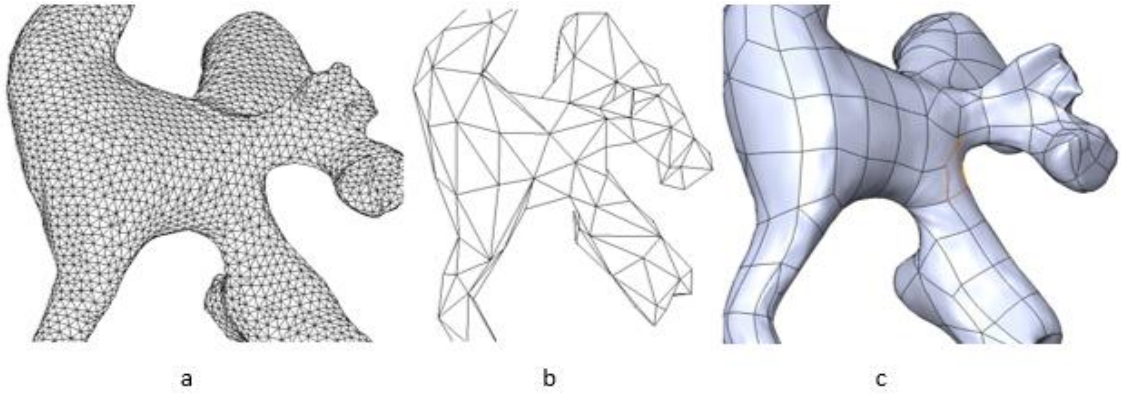


Рис.2 Фрагменты поверхностей почечной лоханки в SolidWorks

На рисунке 2 представлено 3 поверхности: a) исходная в формате STL (более 10000 симплексов), b) упрощенная в MeshLab STL (423 симплекса) c) воссозданная из исходного файла топологическая сеть (127 элементов).

Определяющим фактором времени решения задач статического и динамического анализа в CAD-пакетах является количество конечных элементов сетки, и чем больше элементов она содержит, тем дольше будет проводиться анализ. В пакете SolidWorks Flow Simulation был осуществлен анализ уринодинамических характеристик в почечной лоханке (рис.3).

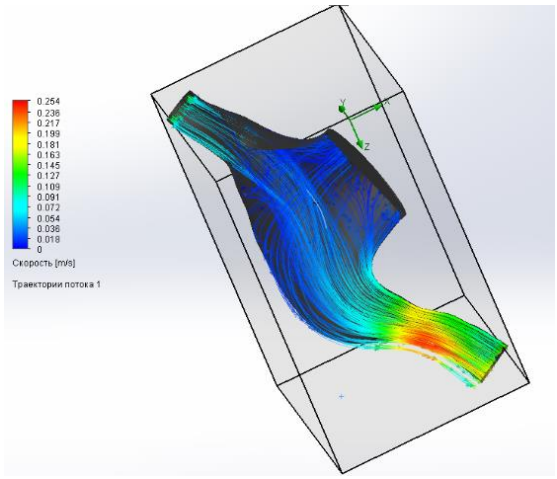


Рис.3 Траектории и скорость потока жидкости в почечной лоханке без патологии

Ограничения алгоритма: для реализации требуется более двух CAD-пакетов и дополнительный набор утилит. С помощью ScanTo3D полностью не решена проблема интерференции поверхностей при придании модели толщины. Невозможно создать в модели идентичной топологии внутренних стенок реального органа.

Заключение: в связи со сложной геометрией органов человека, часто приходится упрощать и вводить допущения геометрии модели, что негативно влияет на результаты исследований. Разработанный алгоритм позволяет исследовать динамические параметры в условиях ограниченных

вычислительных мощностей, минимизируя искажения геометрии внутренних органов и сокращая время проведения исследования.

Список литературы:

1.Esses, S.J., et al., Clinical applications of physical 3D models derived from MDCT data and created by rapid prototyping. AJR Am J Roentgenol, 2011. P. 196W683-8.

2.Numminen, K., O. Sipila, and H. Makisalo, Preoperative hepatic 3D models: virtual liver resection using three-dimensional imaging technique. Eur J Radiol, 2005. 56 (2): P. 179-84.

3.Prakash, S. and C.R. Ethier, Requirements for Mesh Resolution in 3D Computational Hemodynamics. Journal of Biomechanical Engineering, 2001. 123(2): P. 134.

4.J. Vollmer, R.M., H. Müller, Improved Laplacian Smoothing of Noisy Surface Meshes, in Computer Graphics Forum. September 1999. P. 131–138.

5.Kazhdan, M. and H. Hoppe, Screened poisson surface reconstruction. ACM Transactions on Graphics, 2013. 32(3): P. 1-13.

Применение импедансного метода акустического неразрушающего контроля для выявления дефектов вертолетных лопастей

И. Ю. Ошурков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Одним из важнейших направлений обеспечения безопасности воздушного движения является повышение надёжности изделий авиационной техники. В частности, к подобным изделиям относятся несущий и рулевой винты вертолета, контроль качества которых рассмотрен в данном докладе. При этом решались следующие задачи, стоящие как перед производителями, так и эксплуатантами вертолетов:

– выявление трещин в сотовом заполнителе хвостового отсека лопасти;

– определение качества клеевого соединения обшивки хвостового отсека лопасти (6) с лонжероном (см. рис. 1).

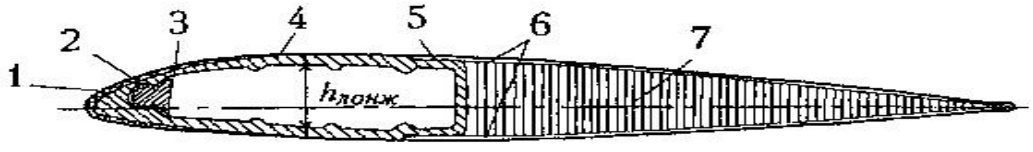


Рис. 1. Схема сечения лопасти с дюралюминиевым прессованным лонжероном: 1 — накладка, нагреватель и диэлектрическая прокладка; 2 — резиновый слой, соединенный

с противофлаттерным грузом (3) из стали; 4 — лонжерон; 5 — клеевое соединение дюралюминиевой обшивки хвостового отсека (6) с лонжероном; 7 — сотовый заполнитель из алюминиевой фольги

Типовыми дефектами зоны соединений нагревательной накладки с композитной лопастью считаются дефекты клеевого соединения, которые существенно ухудшают качество приклейки нагревательной накладки к композитной лопасти воздушного винта и, следовательно, понижают надежность лопасти и всего изделия в целом. Основными путями поиска дефектов являются методы неразрушающего контроля (НК).

Преимущества импедансного метода перед другими низкочастотными акустическими методами неразрушающего контроля (велосиметрическим, резонансным, локальным методом свободных колебаний, акустико-топографическим и т.п.) заключаются в возможности:

– обнаружения дефектов на больших глубинах;

– контроля конструкций из материалов с малыми модулями упругости;

– контроля конструкций из материалов с высокими коэффициентами затухания упругих колебаний (например, пенопласт, резина).

Последнее из перечисленных достоинств особенно важно ввиду того, что заполнителем лопасти является алюминиевая фольга, а нагревательная накладка содержит элемент из резины.

В процессе работы был разработан проект методики акустического неразрушающего контроля рулевого винта вертолета МИ-8. Она предусматривает использование импедансного дефектоскопа (ИАД-2) в двух зонах контроля винта — вблизи лонжерона (толщина от 8-12 мм) и в хвостовом отрезке (толщина до 2,5 мм). В качестве имитатора дефекта при эталонировании использована трещина в сотовом заполнителе эффективной площадью отражения до 2 мм^2. Методика предусматривает два варианта амплитудной сигнализации дефекта: стрелочный и световой (сигнальный).

Список литературы:

1. Ланге Ю.В. Акустические низкочастотные методы и средства неразрушающего контроля многослойных конструкций. — М.: Машиностроение, 1991. — 272 с.

2. Мужицкий В.Ф., Лихопой А.А., Сысоев А.М. Контроль многослойных конструкций низкочастотным акустическим дефектоскопом АД-42ИП. — Екатеринбург, 2005. — 125 с.

3. Лихопой А.А., Сысоев А.М. Приборы для контроля акустическими низкочастотными методами: сб. науч. тр. молодежн. науч.-техн. конф. «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы». 16–17 апреля 2003 г. — М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана. 2003.— С 215-218.

Алгоритм проведения биомеханического исследования состояния структур коленного сустава при эндопротезировании

Е.М. Петрова, П.И.Бабчина, Е.И. Дмитриева

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Артроз коленного сустава встречается у каждого 5 человека на Земле, при этом частота заболеваемости среди женщин примерно в 2 раза выше, чем у мужчин. Замена сустава — эффективный способ восстановления функции сустава, позволяющий значительно улучшить качество жизни человека. При подборе эндопротеза хирург основывается на снимках КТ, которые не отражают истинное состояние структур коленного сустава, собственном опыте и предположениях. Исследование на нагрузки костей с компонентами протеза будет хорошим подспорьем для выбора типа эндопротеза, основанное на доказательной биомеханике.

Целью исследования является разработка алгоритма исследования состояния структур коленного сустава при тотальном эндопротезировании, для дальнейшего использования алгоритма в прогнозировании выхода из строя эндопротеза в процессе эксплуатации.

Алгоритм исследования:

1. Снять информацию о коленном суставе при помощи компьютерной томографии.
2. Построить 3D-контур коленного сустава в программе Mimics.
3. Для получения твердотельной геометрической модели сустава конвертировать 3D-контур, созданный в Mimics, в программный комплекс SolidWorks.
4. Построить модель протеза с известными параметрами в SolidWorks.
5. Совместить (аналогично реальной операции) соответствующие части протеза и кости в компьютерной среде SolidWorks
6. Построить компьютерную модель, учитывающую характер внешнего воздействия, граничные условия, и механические свойства структур сустава.
7. Провести вычисления напряжений, перемещений и деформаций в структурах сустава, запустив пакет Simulation.
8. Проанализировать полученные результаты.

На рис.1 изображены эпюры перемещения и напряжения после нагрузок

кость- эндопротез.

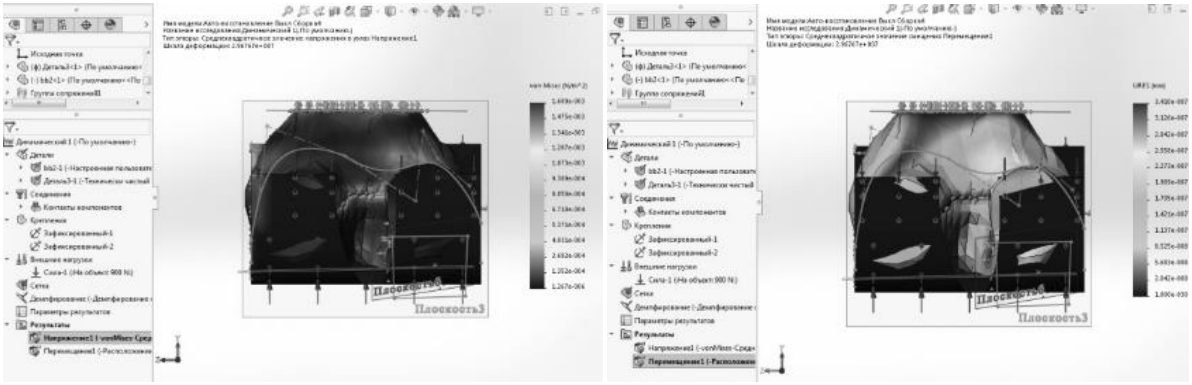


Рис.1. Эпюры напряжения, перемещения

С помощью таких программ как DICOM Viewer, MeshLab, Mimics, SolidWorks и данного алгоритма, в будущем, есть возможность прогнозирования результатов операции и значительного сокращения числа операций по реэндопротезированию коленного сустава. В дальнейшем, планируется создание автоматического интерфейса прогнозирования результатов операции при эндопротезировании коленного сустава, на основе снимков компьютерной томограммы. Таким образом, уменьшается риск ошибки и увеличивается срок эксплуатации биосовместимых конструкций.

Список литературы:

1. Национальный стандарт российской федерации ГОСТ Р ИСО 7207-1-2005, Имплантаты для хирургии, бедренный и большеберцовый компоненты частичных и тотальных эндопротезов коленного сустава, часть 1, [Электронный ресурс] // URL: http://law.rufox.ru/view/standarts/101200041177.htm
2. Sagittal curvature of total knee replacements predicts in vivo kinematics, 2006 [Электронный ресурс] // URL: www.elsevier.com/locate/clinbiomech
3. Н.Н. Корнилов, Т.А. Куляба. Артропластика коленного сустава. — РНИИТО им.Р.Р. Вредена, 2012.
4. Р.Хаскес «Метод конечных элементов в ортопедической биомеханике» // Журнал «Биомеханика проблемы и исследования». — С. 57-68.
5. Р.В. Поздняк, Н.Т. Курилов. «Разработка конструкции и технологии изготовления протеза коленного сустава с применением программ фирмы» // Журнал «САПР и графика», 2014. — С. 52-54.
6. [Электронный ресурс] // URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%B7%D0%BA%D0%B8, обращение от 1.12.2016.
7. [Электронный ресурс] // URL: http://orthoload.com/database/, обращение от 4.12.2016
8. Бегун П.И. «Компьютерное моделирование в прикладной и биомеханике» СПбГЭТУ

Методы регистрации и анализа данных при реализации удаленного мониторинга пациентов с ХОБЛ

Н.Е. Потапов, А.Л. Башкова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) является одной из ведущих причин заболеваемости и смертности по всему миру, что ведет к значительному, все возрастающему экономическому и социальному ущербу. ХОБЛ характеризуется персистирующим ограничением скорости воздушного потока, которое обычно прогрессирует и связано с повышенным хроническим воспалительным ответом легких на действие патогенных частиц или газов [2]. Диспансерное наблюдение за пациентами с ХОБЛ диктует необходимость частых визитов в амбулаторное учреждение [1], также наблюдается общая недооценка уровня контроля над заболеванием как со стороны врачей, так и со стороны пациентов. Решением обозначенных выше проблем может стать система для мониторинга состояния людей с ХОБЛ.

Для достижения заявленной цели требуется решить следующие задачи: обосновать применение метода инструментального контроля функционального состояния легких, сформировать структуру системы, предложить метод анализа регистрируемых данных с возможностью предсказания состояния пациента, осуществить практическую реализацию заявленных методов.

Спирометрия является основным методом диагностики и документирования изменений легочной функции при ХОБЛ [3]. Разрабатываемый сервис должен содержать в себе следующие модули: ежедневное тестирование, введение личного дневника, загрузка информации о данных инструментального контроля, расчет вероятности наступления обострения. Ежедневное тестирование представляет из себя клинический опросник для контроля ХОБЛ — CCQ (Clinical COPD Questionnaire) [5]. Введение личного дневника позволяет вводить личные комментарии о его состоянии пациента, не учтенные в опроснике CCQ.

Для расчета вероятности наступления обострения предполагается использовать нейронные сети. Нами был выбран следующий вид нейронной

сети: многослойный персептрон, характер обучения — обучение учителем, алгоритм обучения — алгоритм обратного распространения ошибки, функция активации — гиперболический тангенс. На вход нейронной сети поступают физиологические данные пациента, результаты опросника CCQ, данные инструментального контроля. В виду отсутствия большого количества экспериментальных данных тестирование предложенного алгоритма осуществлялось на выборке искусственно подготовленных данных. Полученные результаты являются удовлетворительными, так как ошибка используемого алгоритма составила не более 10%. Для более объективной оценки предложенного алгоритма необходимы реальные данные, сбор которых осуществляется в настоящее время.

Предложенная система для удаленного мониторинга может повысить уровень контроля пациента над заболеванием.

Список литературы:

1. Приказ Минздрава России от 21 декабря 2012 г. N 1344н «Порядок проведения диспансерного наблюдения».

2. Глобальная стратегия диагностики, лечения и профилактики хронической обструктивной болезни легких (пересмотр 2014 г.) / Пер. с англ. под ред. А. С. Белевского — М.: Российское респираторное общество, 2015. — 92 с.

3. Чучалин А. Г., Авдеев С. Н., Айсанов З. Р., Белевский А. С., Лещенко И. В., Мещерякова Н. Н., Овчаренко С. И., Шмелев Е. И. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению хронической обструктивной болезни легких. Пульмонология. 2014. — 22 с.

4. Van der Molen T., Willemse B. W., Schokker S., et al. Development, validity and responsiveness of the Clinical COPD Questionnaire. Health Qual Life Outcomes. 2003, Vol. 28 (1). P.13.

Исследования ЯМР протонной релаксационной эффективности в водных растворах магнитных наночастиц для целей биомедицинской тераностики

Ю.В. Богачев, А.В. Никитина, А.А. Костина, В.А. Сабитова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Магнитные наночастицы (МНЧ) в настоящее время находят все более широкое применение в медицине и биологии для диагностики, магнитной сепарации, гипертермии, доставки лекарств и т.д. Особый интерес вызывает использование МНЧ в магнитно-резонансной (МР) диагностике как *invivo*, так и

invitro. При этом магнитные наночастицы должны обладать определенными магнитными характеристиками, быть стабильными (обладать низкой агрегационной способностью), биосовместимыми, нетоксичными, обладать способностью функционализации для взаимодействия или связывания с определенными биологическими объектами. Магнитные наночастицы и функциональные системы на их основе являются перспективными материалами для целей биомедицинской тераностики.

Целью настоящей работы является исследование ЯМР-релаксационных свойств протонов водных растворов магнитных наночастиц на основе оксида железа с органической и неорганической оболочкой, полученных различными методами синтеза.

Измерения были выполнены на ЯМР релаксометре «*Спин Трэк»* (ResonanceSystemsLtd.) с величиной индукции магнитного поля 0,33 Тл. Резонансная частота на ядрах протонов — 14 МГц. Для измерения времени спин-решеточной релаксации T_1 использовалась импульсная последовательность «инверсия-восстановление» 180°-τ-90° (длительность 90° импульса 2,6 мкс; длительность 180° импульса 5,2 мкс).

Для измерения времени спин-спиновой релаксации T_2 применяли импульсную последовательность Карра-Парселла-Мейбума-Гилла (КПМГ) (длительность 90° импульса 2,6 мкс; длительность 180° импульса 5,2 мкс).

В результате проведенных исследований было установлено:

1) релаксационные эффективности r_2 значительно выше, чем релаксационные эффективности r_1 для всех образцов МНЧ на основе оксида железа независимо от способа синтеза, что подтверждает тот факт, что исследуемые МНЧ на основе оксида железа являются негативными контрастными агентами в МРТ;

2) концентрационные зависимости скорости поперечной R2 ядерной магнитной релаксации протонов воды для ряда образцов были нелинейными. Анализ этих зависимостей показывает уменьшение релаксационной эффективности данных МНЧ при увеличении концентрации МНЧ в растворе. Это говорит о нестабильности этих МНЧ в водном растворе и о том, что их агрегационная способность к образованию кластеров с увеличением концентрации МНЧ в растворе усиливается. Этот эффект кластеризации МНЧ наблюдался для данных образцов визуально и усиливался при увеличении времени нахождения образца в магнитном поле ЯМР-релаксометра.

Исследования ЯМР релаксации протонов водных растворов МНЧ оксида

железа показывают, что их релаксационная эффективность r2 зависит от состава, способа синтеза МНЧ, что позволяет использовать этот параметр для оценки стабильности МНЧ в водных растворах и оценки их агрегационной способности.

Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (номер проекта 3.6522.2017/БЧ).

Список литературы:

1. Jinhao Gao, HongweyGu, Bing Hu. Multifunctional Magnetic Nanoparticles: Design. Synthesis, and Biomedical Applications.// Accounts of Chemical Research, 2009, vol.42, No.8, p.1097-1107.

2. Yu.V.Bogachev, Ju.S.Chernenko, K.G.Gareev, I.E.Kononova, L.B.Matyushkin, V.A.Moshnikov. S.S.Nalimova. The Study of Aggregation Processes in Solutions of Magnetite-Silica Nanoparticles by NMR Relaxometry, AFM and UV-Vis-Spectroscopy. // Appl. Magn. Reson.,2014, vol.45, p. 329-337.

Информационная система для оценки риска возникновения задержки развития у детей раннего возраста с нарушениями слуха

Ю.В. Саблина[1], Г.А. Машевский[1], Д.С. Юрьева[2], А.Б. Пальчик[2]

[1]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

[2]Санкт-Петербургский Государственный педиатрический медицинский университет

Одной из актуальных проблем современной медицины является ранняя диагностика задержки развития у детей. Дети с нарушениями развития испытывают трудности с самообслуживанием, обучением, социализацией, что ведет к инвалидизации. Кроме того, наличие таких нарушений является психотравмирующим фактором для родителей и негативно влияет на внутрисемейные отношения, что влечет за собой социальные и материальные проблемы.

В настоящее время существует множество методик оценки развития детей. Среди них можно выделить:

1. Шкала интеллектуального развития по Гриффитс (GMDS). Включает оценку локомоторных, индивидуально-социальных и речевых навыков ребёнка, его зрительно-моторной координации, а также установление фактического возраста ребенка (по уровню его развития).

2. Денверский скрининг тест (DDST), он содержит 4 подшкалы: 1) грубая моторика; 2) тонкая моторика; 3) речь; 4) социальная адаптация.

3. Шкала моторного развития Альберта (AIMS), в ней оценка складывается из числа выполненных навыков, которое в сравнении с эталонными величинами попадает в т. н. коридор от 1 до 7, чем ниже коридор — тем ниже развитие.

Несмотря на то, что данные методики широко применяются, они не лишены недостатков. Одним из них является методическая сложность. Кроме того результаты различных тестов в определённой степени носят субъективный характер и могут противоречить друг другу. Наконец, данные тесты не обладают прогностической ценностью и не позволяют выявить вероятность задержки в развитии сразу после рождения ребенка. В силу этого представляется необходимым поиск объективных факторов, влияющих на уровень развития ребёнка, выполняющих роль своеобразных маркеров отклонений в развитии.

Для выявления факторов, а также создания соответствующей методики был проанализирован массив, содержащий результаты обследования детей, в возрасте от 1 месяца до 2 лет, с задержками развития (всего 130 наблюдений). В этот массив вошли антенательные, интранатальные и постнатальные факторы, а также данные о наличии других признаков, способных оказать влияние на развитие ребёнка.

Анализ массива производился с помощью методов корреляционного анализа с целью определения степени влияния факторов на оценку развития ребёнка по вышеописанным шкалам. Поскольку большинство рассматриваемых параметров представляет собой категориальные переменные, для оценки был использован ранговый коэффициент корреляции Спирмана, для его расчёта использовался математический пакет STATISTICA 7.0. Дальнейшие исследования проводились с помощью программной среды Hugin Expert с использованием теории сетей доверия Байеса.

Для учёта влияния факторов на развитие ребёнка были построены байесовские сети доверия, иллюстрирующие вероятностные зависимости между ее элементами. Априорные вероятности значений факторов, влияющих на развитие детей, рассчитывались методом простого подсчета частоты событий и состояний в используемом массиве данных.

Подобные таблицы вероятностей включают в себя признаки, влияющие на изменения различных навыков у ребенка. С их помощью осуществляется

построение самой сети Байеса.

При формировании массива для построения сетей доверия Байеса были отобраны 70% результатов при обследовании испытуемых. Остальные 30% данных (47 испытуемых) были использованы для проверки достоверности заявленных априорных вероятностей.

Результаты экспериментальной апробации методики показали её высокую точность, что свидетельствует о возможности её использования для ранней диагностики риска возникновения задержки развития у ребенка с нарушением слуха.

Также, для того чтобы своевременно и точно оценить развитие ребенка, была создана информационная система на основе построенных сетей доверия Байеса. В информационной системе осуществляется возможность создания и ведения базы данных, содержащей общую информацию о ребенке и факторах, влияющих на его развитие. На основе введенных данных, осуществляется оценка риска возникновения отклонений в развитии по 4 параметрам — развитие речи, развитие мелкой моторики, развитие грубой моторики и развитие социально-индивидуальных навыков.

Список литературы:

1. Griffiths Mental Development Scales — Revised: Birth to 2 years (GMDS 0-2) [Электронный ресурс] // URL: http://www.hogrefe.co.uk/gmds-0-2.html (дата обращения 24.10.2016).
2. Уильям К. [William K.], Доббс Дж.Б. [Dobbs J.B.] (1967). «The Denver Developmental Screening Test». The Journal of Pediatrics 71 (2): 181–191.
3. The Alberta Infant Motor Scale (AIMS) [Электронный ресурс] // URL: http://www.albertainfantmotorscale.com/ (дата обращения 24.10.2016).
4. Белов К.А. Методы и алгоритмы случайно-множественного анализа медицинских данных, 2005.
5. Мусина В.Ф. Байесовские сети доверия как вероятностная графическая модель для оценки медицинских рисков // Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 24. С. 135-151.

Разработка устройства для регистрации и контроля скорости передвижения объекта в пространстве, в медицине и в спорте

Д.А. Самоквитов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Статистка Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) свидетельствует о том, что около 80% населения мира страдает различными болезнями опорно-двигательного аппарата: деформации и функциональные нарушения, позвоночника, таза, коленных и тазобедренных суставов, остеоартрозы и прочие осложнения. К факторам риска развития функциональных нарушений опорно-двигательного аппарата можно отнести следующие: возраст, истории болезней, наследственные предрасположенности к различным болезням (диабет, неврологические осложнения и т. д.), малоподвижный образ жизни, чрезмерная физическая нагрузка.

На сегодняшний день существуют множество методик оценки состояния опорно-двигательного аппарата во время ходьбы. Среди них можно особо выделить видеоанализ кинематики и кинетики движений. Они позволяют провести достоверную диагностику существующих нарушений, на основе которой специалисты смогут подобрать курс лечения и отслеживать происходящие изменения [1-3].

Довольно часто применяется метод оценки биомеханики ходьбы с использованием беговой дорожки. Однако стоит отметить и недостаток такой методики: в условиях эксперимента происходит нарушение естественности походки, что может повлиять на получаемые результаты [4]. Также немаловажным фактором является скорость ходьбы человека [5].

Исследования, в основе которых лежал анализ кинематики движений, показали, что скорость ходьбы в значительной степени влияет на угловые изменения голеностопного, коленного и тазобедренного сустава при различных скоростях ходьбы [6].

По этим причинам в клинических лабораториях Европы был установлен золотой стандарт контроля скорости ± 2.5%. Для этих целей используется лазерные ворота, срабатывающие на линиях «старт» и «финиш», после чего при известном расстоянии пути автоматически рассчитывается скорость. Все эти методы широко распространены и используются во всех современных медицинских и исследовательских учреждениях Европы и Америки.

На сегодняшний день в России данная технология пока не используется в диагностике, однако, она нашла свое применение в спорте. При этом стоит отметить, что нет ни одной российской компании, занимающейся производством данного оборудования.

Цель проекта заключается в разработке прототипа устройства на базе микроконтроллеров Arduino Uno для бесконтактного контроля скорости, которое может найти свое применение в клинической диагностике функциональных нарушений опорно-двигательного аппарата и для тренировки спортсменов. Цена аналогичных зарубежных устройств в среднем составляет $10 000.

Принцип действия разрабатываемого устройства заключается в следующем. Инфракрасные ворота состоят из четырёх блоков: два лазерных диода и два фототранзистора.

При пересечении объектом линии связи излучателя и приемника формируется сообщение о начале движения, которое передается между микроконтроллерами Arduino при помощи радиомодуля на вторую Arduino для начала запуска секундомера, и уже с нее по каналу Bluetooth на смартфон с предварительно установленным программным обеспечением (ПО). Происходит запуск секундомера, работа которого прекращается при пересечении объектом второго блока регистрации. При вводе дистанции идет расчет средней скорости движения. (рис. 1).

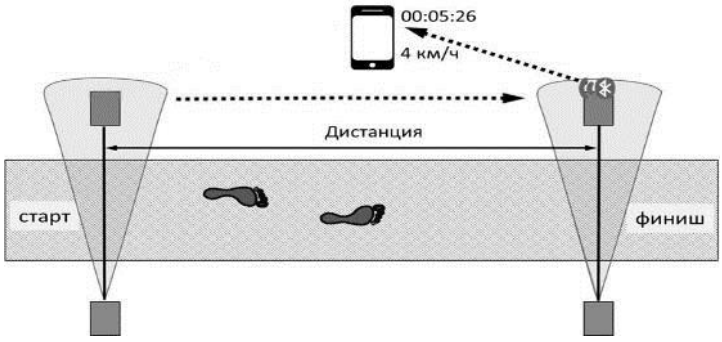


Рис. 1. Схема работы устройства инфракрасных ворот

Программное обеспечение также предусматривает ввод диапазона допустимых значений (например, ± 2.5%) для контроля скорости при проведении диагностики опорно-двигательного аппарата.

На сегодняшний день прототип устройства собран и полностью функционирует. Сейчас ведется разработка приложения для мобильной операционной системы Android с возможностью расчёта необходимых показателей.

Список литературы:

1. Deepashini, H., et al. An insight into the plantar pressure distribution of the foot in clinical practice: Narrative review// Polish Annals of Medicine, 2014. № 21 (1). ─ P. 51-56.
2. Schmid, S., et al. Quantifying spinal gait kinematics using an enhanced optical motion capture approach in adolescent idiopathic scoliosis.//Gait & Posture, 2016. № 44. ─ P. 231-237.
3. Carse, B., et al. Affordable clinical gait analysis: An assessment of the marker tracking accuracy of a new low-cost optical 3D motion analysis system.//Physiotherapy, 2013. № 99 (4). ─ P. 347-351.
4. Yang, F. And G.A. King.Dynamic gait stability of treadmill versus overground walking in young adults//Journal of Electromyography and Kinesiology, 2016. № 31. ─ p. 81-87.
5. Аксенов А.Ю., Тагиева К.Ф., Клишковская Т.А., Матвеева В.Н. Влияние фактора скорости ходьбы на распределение давления под стопами // Научные исследования, 2016. № 6 (7). ─ С. 9-16.
6. Van Hedel, H.J.A., L. Tomatis, and R. Müller. Modulation of leg muscle activity and gait kinematics by walking speed and bodyweight unloading.// Gait & Posture, 2006. № 24 (1). ─ p. 35-45.

Оценка состояния атмосферных осадков в Выборгском районе города Санкт-Петербурга

М.И. Семенова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Санкт-Петербург — город с населением более 5,2 млн человек. Площадь города составляет 1440 км^2. На каждую 1000 жителей Северной Столицы в среднем приходится 295 автомобилей.

Снег является активным аккумулятором загрязняющих веществ. Тем самым являясь небезопасным для окружающей среды, поэтому каждую зиму встает вопрос о его утилизации [4].

Целью данного исследования является определение химического состава снежного покрова Выборгского района города Санкт-Петербурга.

Для решения данной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1) отбор проб и анализ атмосферных осадков;

2) оценка эффективности работы стационарного снегоплавильного пункта.

Снег отбирали в 9 точках района. Исследование проводилось по 20 показателям, некоторые результаты приведены в Таблице 1. Во всех исследуемых точках наблюдаются повышенные концентрации ионов меди (ПДК ср. сут. 0,06 мг/дм^3), железа (ПДК ср. сут. 0,22 мг/дм^3), марганца (ПДК ср. сут. 0,01

мг/дм^3), нитритов (ПДК ср. сут. 0,08 мг/дм^3) и ионов аммония (ПДК ср.сут. 0,4 мг/дм^3). Превышение ПДК ионов хлора (ПДК ср. сут. 170 мг/дм^3), сульфатов (ПДК ср. сут. 100 мг/дм^3), а также сухого остатка (ПДК ср. сут. 470 мг/дм^3) в точках 2, 6 — 9 свидетельствуют об использовании песко-соляной смеси на проезжей части [3].

Как видно из результатов, концентрации различных веществ практически в каждой точке превышают ПДК загрязняющих веществ в поверхностных сточных водах, отводимых в ливневую сеть раздельной системы коммунальной канализации [6]. Следовательно, для предотвращения неблагоприятных последствий для окружающей среды, утилизация и очищение атмосферных осадков необходимо.

В Санкт-Петербурге данную проблему решают с помощью снегоплавильных установок, принцип действия которых основан на отдаче сточных вод теплоты, которая растапливает снежные массы.

Таблица 1

Результаты исследования химического состава проб талой воды в исследуемом районе

Определяемые компоненты		Водородный показатель, ед. pH	Cl^-, мг/дм^3	NO_3^-, мг/дм^3	NO_2^-, мг/дм^3	NH_4^+, мг/дм^3	Окисляемость перманганатная, мг/дм^3	SO_4^{2-}, мг/дм^3	Cu^{2+}, мг/дм^3	Zn^{2+}, мг/дм^3	Fe^{+2}, мг/дм^3	Mn^{2+}, мг/дм^3	Сухой остаток, мг/дм^3
Результаты испытаний	Точка 1 (фон)	6,54 ±0,2	< 10,0	0,54 ± 0,11	1,8 ± 0,4	0,54 ± 0,11	11,6 ± 2,3	0,16 ± 0,03	< 0,05	0,4 ± 0,06	0,1 ± 0,02	3,2 ± 0,3	102 ± 19,4
	Точка 2	7,89 ±0,2	5220 ±469,8	3,77 ± 0,754	5,278 ±1,03	3,77 ± 0,754	264,48 ±30,15	8,12 ±1,74	0,29 ±0,03	34,8 ±3,48	0,58 ±0,12	116 ±11,6	9280 ±835,2
	Точка 3	6,37 ±0,2	30 ± 2,7	1,6 ± 0,39	5,4 ± 1,2	1,6 ± 0,39	34,8 ± 6,96	0,48 ±0,09	0,15 ±0,015	1,2 ±0,18	0,3 ± 0,06	9,6 ±0,89	306 ± 58,14
	Точка 4	6,98 ± 0,2	60 ± 5,4	3,24 ±0,78	10,8 ±2,4	3,24 ±0,78	69,6 ± 13,92	0,96 ±0,18	0,3 ±0,03	2,4 ±0,36	0,6 ±0,12	19,2 ± 1,8	612 ±116,28
	Точка 5	7,13 ± 0,2	40 ± 3,6	2,16 ±0,52	7,2 ±1,6	2,16 ±0,52	46,4 ±9,28	0,64 ±0,12	0,2 ±0,02	1,6 ±0,24	0,4 ±0,08	12,8 ±1,19	408 ±7,52
	Точка 6	8,33 ±0,2	8100 ±729	5,85 ±1,17	8,19 ±1,6	5,85 ±1,17	410,4 ±46,8	12,6 ±2,7	0,45 ±0,04	54,0 ±5,4	0,9 ±0,18	180 ±18	14400 ±1296
	Точка 7	7,58 ±0,2	9900 ±891	7,15 ±1,43	10,01 ±2,0	7,15 ±1,43	501,6 ±57,2	15,4 ±3,3	0,55 ±0,06	66 ±6,6	1,1 ±0,22	220 ±22	17600 ±1584
	Точка 8	8,02 ±0,2	10350 ±931,5	7,48 ±1,49	10,47 ±2,05	7,48 ±1,49	524,4 ±59,8	16,1 ±3,4	0,575 ±0,056	69 ±6,9	1,15 ±0,23	230 ±23	18400 ±1656
	Точка 9	8,27 ±0,2	10800 ± 972	7,8 ±1,56	11 ±2,2	7,8 ±1,56	547,2 ±60,2	28 ±5,9	0,6 ±0,06	72 ±7,2	1,2 ±0,24	240,1 ±24,0	19200 ± 28,4

Помимо этого, на данных установках происходит очищение атмосферных осадков от крупного мусора и песка [7]. Также, прежде чем растопленный снег попадет в канализационные стоки, он обязательно подвергается очистке. Таким образом, утилизация снега на стационарных снегоплавильных пунктах позволяет значительно уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

В ходе исследовательской работы были сделаны следующие выводы:

1) атмосферные осадки в виде снега на исследуемой территории не соответствуют по изученным показателям нормативам ПДК загрязняющих веществ в поверхностных сточных водах, отводимых в ливневую сеть раздельной системы коммунальной канализации;

2) на основании данных, приведенных в Таблице №1, можно сделать вывод о необходимости утилизации данного снега, а именно, использовании снегоплавильных установок, которые на сегодня являются наиболее оперативным и эффективным методом уборки и очистки атмосферных осадков в городе.

Список литературы:

1. Суркова Г. В. Химия атмосферы: учебное пособие / Под ред. чл.-кор. РАЕН, проф. Ю. К. Васильчука. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. — 210 с.

2. Алексин О. А. Основы гидрохимии. — Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1953. — 295 с.

3. Работнова Ф. А., Махонько К. П. Методические указания по отбору, предварительной обработке и измерению снега. — 2-е изд. — Обнинск: «Тайфун», ИЭМ. — 1993.

4. Гаврилова А. А., Юферева Л. М. Исследование загрязнения тяжелыми металлами снежного покрова садово-парковых зон в центре СПб // Общетехнические задачи и пути их решения, 2013. № 4. — С.157-162.

5. Шумилова М. А, Садиуллина О. В., Петров В. Г. Исследование загрягненности снежного покрова на примере города Ижевска // Вестник Удмуртского университета. — 2012. — № 2. — С. 83-88.

6. Б/А. О контроле состава и свойств сточных вод, отводимых абонентами в системы канализации Санкт-Петербурга (с изменениями на 26 августа 2005 года) [Электронный ресурс]// JSC 'Informational company Kodeks'. 2016. 21 июня. URL: http://cntd.ru (дата обращения: 22.01.2017).

7. Б/А. Администрация Санкт-Петербурга Комитет по управлению городским хозяйством. [Электронный ресурс]// FAITID. 2016. 21 сентября. URL: http:// gov.spb.ru. (дата обращения: 22.01.2017).

Разработка одноканального электроэнцефалографа для мониторинга глубины анестезии

В. А. Симон, С. С. Аношкин, А. М. Загоскин, Д. В. Овчинников

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

При проведении хирургических операций зачастую необходимо перевести пациента в состояние потери чувствительности (анестезии). Такая мера предотвращает появление болевых ощущений и связанных с ними физиологических механизмов защиты, препятствующих проведению операции. Обычно различают местную, региональную и общую анестезию. Последний тип анестезии связан с отключением сознания человека, что проявляется в отсутствии чувства боли, расслаблении мышц и потере памяти на время оперативного вмешательства.

При анестезии проводится, как минимум, мониторинг содержания кислорода в крови и артериального давления, а также регистрируется электрокардиограмма. Однако при общей анестезии необходимо знать глубину искусственного сна, в который погружен организм пациента, чтобы не допустить как внезапного пробуждения во время операции, так и чрезмерно глубокого наркоза.

Эта задача может быть решена с использованием электроэнцефалографического (ЭЭГ) сигнала, отражающего активность головного мозга. В состоянии глубокого наркоза спектр ЭЭГ сигнала смещается в низкочастотный диапазон: появляются относительно высокоамплитудные (несколько сотен микровольт) колебания частотой 1-4 Гц, получившие название дельта-ритма. Автоматизированное определение глубины анестезии возможно путем вычисления энтропии ЭЭГ сигнала во временно́й и частотной области и приведения полученных значений энтропии к единой шкале [1].

Регистрация ЭЭГ сигнала с целью получения информации для мониторинга глубины анестезии не требует применения многоканального электроэнцефалографа. Достаточно использовать энцефалограф с одним биполярным каналом, который регистрирует разность двух потенциалов на лобной области скальпа с помощью двух электродов. В качестве «точки отсчета» принимается потенциал сосцевидного отростка височной кости, к которому подключен третий электрод, называемый опорным.

Разработанный одноканальный электроэнцефалограф состоит из входного каскада, содержащего инструментальный усилитель со схемой смещения по постоянной составляющей [2, 3], активные аналоговые фильтры и аналого-цифровой преобразователь с последовательным цифровым интерфейсом передачи данных.

Устройство питается от двух литий-ионных батарей (номинальное напряжение каждой — 3,7 В), одна из которых подключена к энцефалографу и обеспечивает его работу, а вторая заряжается от внешнего источника питания. Когда первая батарея разрядилась, энцефалограф подключается ко второй, заряженной батарее, а первая батарея подключается к внешнему источнику питания для зарядки. Таким способом осуществляется гальваническая изоляция устройства от промышленной сети переменного тока.

Электроэнцефалограф по последовательному интерфейсу с гальванической изоляцией подключается к монитору глубины анестезии, представляющему собой компьютер на основе встраиваемого процессорного модуля. Программное обеспечение компьютера рассчитывает энтропию ЭЭГ сигнала и выводит на экран наркозного аппарата коэффициент, соответствующий глубине анестезии и сам ЭЭГ сигнал. Эта информация помогает врачу-анестезиологу определить необходимую дозу анестетика и не допустить смерти пациента во время операции.

Список литературы:

1. Сравнительный анализ применения различных оценок энтропии ЭЭГ сигнала для распознавания стадий наркоза / А. П. Немирко, Л. А. Манило, А. Н. Калиниченко, С. С. Волкова // Биотехносфера, 2010. — № 3 (9). — С. 3-10.

2. A Method of Cardiac Signal Registration Through a Capacitive Coupling Between Sensors and Patient's Skin / A. A. Uhov, V. A. Gerasimov, L. M. Selivanov, D. K. Kostrin, V. A. Simon // Proc. IEEE North West Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conf. — SPb., 2016. — P. 797-799.

3. A Technique for Bioelectric Signals Registration by Means of Capacitive Coupling / V. A. Simon // Transactions of XII Russian-German Conference on Biomedical Engineering — Suzdal, 2016. — P. 144–147.

Алгоритм измерения артериального давления с использованием нейронных сетей

А.И. Скоробогатова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Значение артериального давления (АД) является довольно важным физиологическим параметром. Резкие изменения значений АД могут быть опасны для жизни, поэтому возникает необходимость точного измерения параметров АД. При проведении автоматического измерения используется осциллометрический метод, для чего производится регистрация и последующий анализ пульсаций давления в манжете при накачке (компрессии) и спуске (декомпрессии) воздуха. Один из самых распространенных способов определения параметров АД — алгоритм максимальной амплитуды (АМА). Данный алгоритм состоит в построении огибающей функции пульсаций давления и нахождении ее максимума, с помощью которого и вычисляется значение систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления. Однако данный метод не всегда дает точные результаты, поэтому в последнее время особую популярность приобретает применение ассиметричных функций Лоренца или Гаусса, но они хорошо работают в том случае, когда огибающая полученных осцилляций близка к этим функциям, в случае же наличия осцилляций неправильной формы применение данных функций будет давать довольно большое значение среднеквадратического отклонения (СКО). Эту проблему пытаются решить с помощью применения нейронных сетей.

Для разработки алгоритма, определяющего АД с помощью нейронных сетей (НС) была изготовлена макетная плата тонометра, с помощью которой были получены постоянная составляющая, характеризующая уровень давления в манжете, и переменная составляющая (пульсации АД). После получения сигналов производилась предварительная обработка (фильтрация и удаление части сигнала, связанного с возникновением переходных процессов) и определялись локальные максимумы сигнала пульсаций (с помощью операции дифференцирования). Для определения параметров АД (САД и ДАД) строилась огибающая функция (кубический сплайн), определялся максимум найденной функции, после чего определялись сами значения САД и ДАД (путем умножения максимума на коэффициенты систолического и диастолического давления). Алгоритм максимальной амплитуды проиллюстрирован на рис.1.

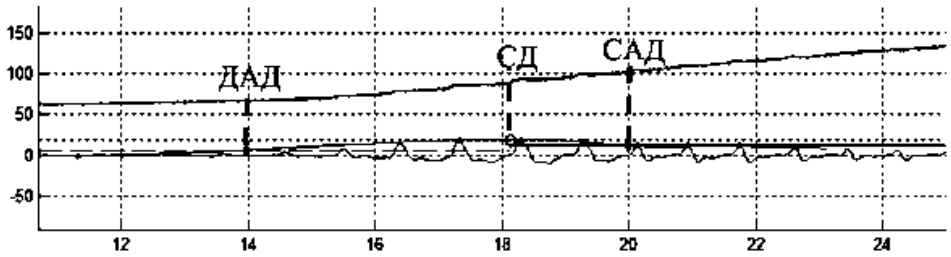


Рис.1. Иллюстрация работы алгоритма максимальной амплитуды

Для создания алгоритма, способного адаптироваться к форме огибающей функции (в случае, если она не приближается к нормальному распределению) были использованы НС. Входные значения представляли собой массив данных, состоящий из 10 значений локальных максимумов, соответствующие им значения времени и давления (для 10 пациентов).

Наилучшие результаты показала пятислойная однонаправленная сеть со следующими параметрами: количество нейронов на i-ом уровне (Si) равно 5, 2, 2, 2, 2, переходная характеристика уровней — гиперболический тангенс, функция обратного распространения ошибки обучения сети — регуляризация Bayesian, алгоритм подстройки весов и смещений — обучающая функция смещений, функция оценки функционирования сети — среднеквадратичная ошибка w/reg. Результаты, полученные с помощью НС, представлены в сравнительной Таблице 1 совместно с результатами АМА.

Таблица 1

Статистические параметры АМА и НС

Алгоритм/Параметры		Отклонения, мм.рт.ст.	Макс. ошибка, мм.рт.ст.
АМА	САД	± 4,5	9
	ДАД	± 8	17
НС	САД	± 3	5
	ДАД	± 5	7

Из анализа Таблицы 1 видно, что НС дает более точные результаты, чем АМА, следовательно, можно сделать вывод о преимуществе использования НС.

Список литературы:

1. Geddes, L.A. Handbook of blood Pressure Measurement/ L.A. Geddes — Humana Press, 1991. — 168 p.

2. Majid. Blood Pressure Estimation using Oscillometric Pulse Morphology/ Majid, Mafi — Ottawa, Canada, 2012. — 133 p.

Разработка макета устройства для синхронной регистрации значимых физиологических показателей человека

А.И. Скоробогатова, Е.В. Алексеенкова, Р.Б. Исаев, И.А. Некрасов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Разрабатываемое устройство предназначено для синхронной регистрации физиологических сигналов, снимаемых с тела человека, а именно: сигнала электрокардиограммы (ЭКГ) с одного стандартного отведения, сигнала пульсовой волны (ПВ) с оптического датчика.

Целью данного проекта стала разработка и изготовление рабочего макета устройства для синхронной регистрации значимых физиологических показателей человека (электрокардиограммы и сигнала пульсовой волны).

В ходе исследования были поставлены следующие задачи: разработка структурной и принципиальной схемы устройства, разводка печатной платы, моделирование корпуса устройства и создание программы для отображения полученных сигналов. Проведенную работу можно разделить на несколько этапов изготовления: печатной платы, монтаж компонентов печатной платы, корпуса устройства (на 3D-принтере), сборка готового макета устройства, отладка программного модуля.

Устройство должно состоять из следующих функциональных блоков для: регистрации сигнала электрокардиограммы (ЭКГ), аналоговой фильтрации и аналого-цифрового преобразования ЭКГ, регистрации пульсовой волны (ПВ) с пульсоксиметрического датчика, фильтрации и аналого-цифрового преобразования сигнала ПВ, микропроцессорный блок, блок гальванической развязки. Структурная схема разрабатываемого устройства приведена на рис.1.

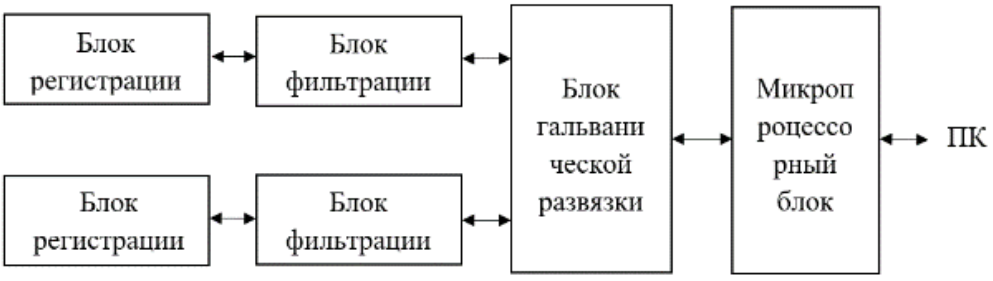


Рис. 1 Структурная схема устройства

В программной среде CircuitMaker была разработана принципиальная

схема устройства, после чего была разведена соответствующая ей печатная плата. На печатной плате находятся разъемы: для подключения кабеля пациента (регистрация ЭКГ), разъём для подключения фотоплетизмографического датчика (стандарт DB-9), USB разъём для связи устройства с ПК.

Спроектированная печатная плата была подготовлена к производству (собраны необходимые Gerber-файлы) на производственных мощностях фирмы Резонит (Москва). В программе SolidWorks был спроектирован корпус устройства. В разработанном корпусе имеются отверстия для всех разъемов для: кабеля пациента (для регистрации ЭКГ), пульсовой волны (DB-9) и связи с ПК (USB разъем), также на корпусе устройства предусмотрено отверстие для кнопки включения/выключения устройства и для светодиода, который используется для индикации работы устройства. В корпусе предусмотрены крепления для платы и для соединения между собой верхней и нижних частей корпуса. Корпус, соответствующий разработанной модели, был напечатан на 3D принтере Picaso Designer.

После разработки и изготовления отдельных составляющих прибора (печатной платы и корпуса), все эти элементы были собраны в готовое устройство, которое показано на рис. 2.

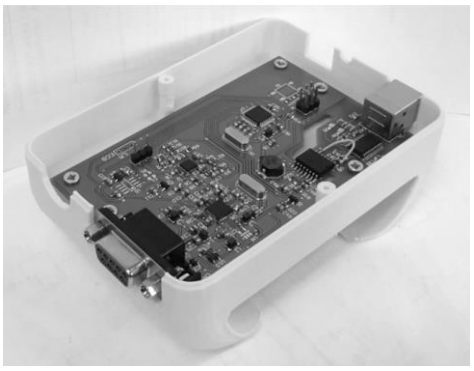


Рис.2. Внешний вид корпуса с платой.

Управление устройством осуществляется при помощи программы, написанной в среде MatLab. Данная программа позволяет начать запись физиологических сигналов (ЭКГ и ПВ), сохранить полученные данные (дискретные значения сигнала (частота дискретизации задается в программе) в виде таблицы в формате *.xls с указанием фамилии, имени и отчества пациента, а также с указанием времени проведения записи сигналов. Время записи сигнала 60 секунд. ЭКГ и сигнал ПВ в режиме реального времени выводятся на экран ПК.

Разработка суточного монитора артериального давления

А.Д. Сутягина, Е.К. Ляхова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Артериальное давление (АД) является важным физиологическим параметром, характеризующим функционирование сердечно-сосудистой системы. Состояние человека во многом зависит от значений данного показателя: при постоянном отклонении АД от нормы увеличивается риск возникновения тяжелых заболеваний сердца, инсульта, а также потери зрения [1][4]. Наиболее часто встречающимся отклонением АД является артериальная гипертензия (АГ), характеризующаяся резким повышением АД. Во всем мире гипертензия является причиной 12,8% смертей [1]. Отдельно следует отметить АГ, наблюдаемую у 10% беременных женщин. Данная проблема является одной из главных в здравоохранении, так как АГ в этом случае может сопровождаться преэклампсией, что крайне опасно для жизни женщины и плода [2][3]. При многих заболеваниях, в частности при АГ, необходим постоянный контроль АД, и измерения рекомендуется производить несколько раз в день. Суточное мониторирование динамики показателей АД является важной частью функциональной диагностики. Преимуществами данного метода перед клиническим измерением являются: возможность получения измерений АД за длительный промежуток времени; получение показателя средних значений АД, который наиболее тесно связан с поражением органов-мишеней; беспрепятственное мониторирование АД в повседневной жизни пациентов, дающее возможность поставить более точный диагноз или оценить эффективность терапии, а также исключить влияние «эффекта белого халата».

Целью данного исследования стала разработка суточного монитора артериального давления, производящего измерения в фазе компрессии с возможностью передачи данных по каналу Bluetooth. Это позволит исключить повторное нагнетание воздуха и обеспечить оптимальное давление в манжете при каждом измерении, что гарантирует высокую точность измерения и комфорт пациента в течение всего дня. Структурная схема макета разработанного устройства представлена на рис. 1.

Устройство состоит из следующих элементов: компрессор, нагнетающий воздух в систему, аналоговый датчик давления, механический клапан для медленного стравливания воздуха, манжета и электромагнитный (ЭМ) клапан,

осуществляющий экстренное стравливание воздуха в случае возникновении избыточного давления. Все элементы соединены между собой полой трубкой, позволяющей воздуху циркулировать между ними.

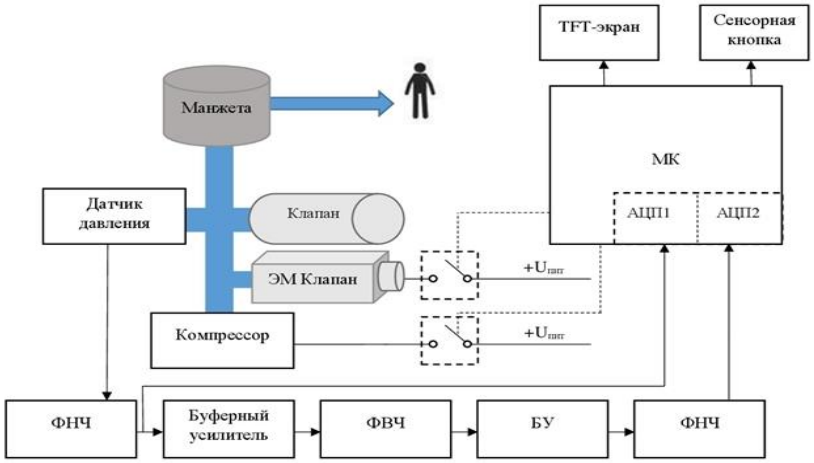


Рис. 1. Структурная схема разработанного устройства

Работой ЭМ клапана и компрессора управляют ключи, собранные на МОП-транзисторах. Датчик давления регистрирует колебания давления воздуха в манжете. Так как сигнал на выходе датчика состоит из постоянной составляющей, характеризующей уровень давления в манжете, и переменной составляющей (пульсовой волны), необходимо выделить последнюю на фоне постоянной составляющей. Для этого сигнал с датчика давления поступает на фильтр нижних частот (ФНЧ) и далее на первый канал АЦП, встроенного в управляющий микроконтроллер (МК). После чего сигнал проходит через фильтр верхних частот (ФВЧ), блок усиления (БУ), а затем сглаживается с помощью ещё одного ФНЧ первого порядка, с выхода которого снимается сигнал пульсовой волны, подаваемый на второй канал АЦП. Полученные сигналы передаются на ПК, проходят предварительную обработку, после чего могут быть использованы для расчета показателей АД. В дальнейшем, используя «умные» алгоритмы обработки данных, можно получить достаточно точные результаты и обеспечить качественный мониторинг АД.

Список литературы:

1. Global atlas on cardiovascular disease prevention and control. Geneva, 2011.
2. Hypertension in pregnancy. Report of the American College of Obstetricians and Gynecologists «Task Force on Hypertension in Pregnancy», 2013.
3. O'Brien E., Beevers D.G. ABC of hypertension. London: BMJ Books, 2007.
4. Lackland D.T., Weber M.A. Global burden of cardiovascular disease and stroke: hypertension at the core. The Canadian journal of cardiology, № 31 (5), 2015. — P. 569–571.

Разработка автономных систем автоматики на базе программируемых отладочных плат Arduino

А. С. Тихоненков, А. В. Пересыпкин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Arduino представляет собой плату, с размещенными на ней компонентами, главным из которых является микроконтроллер ATmega различных конфигураций. Он является основной вычислительной системой этой платформы, поскольку именно для него и создается программное обеспечение, с помощью происходит взаимодействие микроконтроллера посредством специальных портов ввода/вывода данных. Данный продукт состоит из экономически выгодных и доступных компонентов, и главная его задача состоит в том, чтобы гарантировать работу устройства по принципу «plug-and-play», то есть, чтобы пользователь, достав плату из коробки и подключив к компьютеру, мог немедленно приступить к работе. Управление микроконтроллером пользователь осуществляет непосредственно через программный код. Таким образом, любая плата Arduino прежде всего, микроконтроллер, выводы которого удобно разведены по краям платы и подписаны.

Для программирования Arduino нет необходимости во внешнем программаторе, так как в микроконтроллере уже зашит загрузчик. Загрузка программы в память платы осуществляется посредством последовательного порта RS232, либо при помощи USB интерфейса. Программирование осуществляется на языке Proccesing/Wiring, который имеет синтаксис, схожий с «C++». Для написания программ используется свободно распространяемый редактор Arduino IDE.

В разрабатываемых проектах используются две платы: Arduino Uno и Arduino Mega. Arduino UNO имеет 20 выводов, 6 из которых аналоговые, а остальные 14 — цифровые. Старшим аналогом UNO является плата Arduino Mega с микроконтроллером ATmega1280, либо 2560 в зависимости от конфигурации. Такая плата подходит для проектов, рассчитанных на большое количество подключаемых устройств и емкого программного кода, поэтому она содержит 54 цифровых выхода и 16 аналоговых, а также, объем памяти в ней по сравнению с Uno и Nano уже не 32Кб, а 128Кб, что в 4 раза больше. Помимо указанных программируемых плат применяются шилды (от англ. Shield — щит), представляющие собой платы расширения, подключаемые к Arduino, а

также специальные модули, основная задача которых расширить функционал платы и позволить подключение тех или иных компонентов к проекту.

Проект №1: Измеритель ёмкости конденсаторов.

Основной идеей данного проекта является возможность определения ёмкостей конденсаторов, значения которых заранее не известны, а также проверка работоспособности конденсатора, функционирование которого вызывает сомнения. Результат измерения емкости и время заряда используемого конденсатора выводится на дисплей. Основными элементами проекта являются:

- Плата Arduino Uno R3
- Макетная плата
- Резисторы 220 Ом и 10 кОм
- Двухстрочный дисплей
- Конденсатор, ёмкость которого необходимо определить

Проект № 2: Измеритель расстояния.

Идеей этого проекта является возможность измерения расстояния (до 4 метров) и угла поворота. Помимо этого, установлена кнопка, нажатие на которую позволяет произвести снятие измерения. Результат должен выводиться на двухстрочный дисплей. Основные элементы проекта:

- Плата Arduino Mega 2560
- Макетная плата
- Сервопривод
- Ультразвуковой датчик
- Двухстрочный дисплей
- Тактовая кнопка

Предлагаемые разработки направлены на создание бюджетных аналогов измерительных устройств, основанных на использовании программируемого микроконтроллера AVR.

Список литературы:

1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: пер. с анг. — Изд. 2-е. — М.: Издательство БИНОМ. — 2016. —704 с., ил.
2. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 256 с., ил.

Система управления протезом верхней конечности при ампутации на уровне предплечья

Д.А. Томашевич

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Утрата какого-либо органа вследствие каких-либо причин не редкость. Причины могут быть различны: сильная физическая травма, тяжелое заболевание, нарушение внутренних процессов. Один из вариантов помощи — замена утраченной части руки ее техническим подобием.

Для управления протезом необходим источник информации о предполагаемых движениях. Есть несколько вариантов. Учитывая, что разрабатываемый протез должен обеспечить лишь помощь в ряде повседневных действий, в качестве источника информации был выбран мышечный аппарат [1]. Генерируемый мышцей интерференционный электромиографический сигнал (ЭМГ) может быть считан с помощью стандартных электрических схем регистрации биопотенциалов.

Использование мышц имеет несколько плюсов: надежность, простота реализации системы управления, дешевизна. Надежность обеспечивается простотой конструкции всего протеза в целом. Не требуется разработка каких-либо специальных микросхем, а электродами могут выступать несколько небольших пластин из биоинертных сплавов или металлов. Алгоритм обработки ЭМГ, в конечном счете, сводится к сравнению обработанного сигнала с порогом (такое управление называется релейным), что сигнализирует о начале действия и его прекращении. Принимая это во внимание и учитывая то, что корпус может быть изготовлен путем 3D печати, цена такого протеза может оказаться на порядок ниже своих аналогов, цена которых составляет несколько десятков тысяч долларов.

Такому протезу присущи и недостатки. Во-первых, электроды на поверхности кожи не могут быть зафиксированы относительно мышцы. Возможные смещения кожного покрова будут отражаться на качестве сигнала. Во-вторых, на каждом канале будут улавливаться сигналы от соседних мышц. В-третьих, при утрате конечности, так же утрачивается часть мышцы. Это ведет к существенному уменьшению амплитуды сигнала. Вдобавок к этому, длительное неиспользование мышцы сопровождается их атрофированием, что так же

уменьшает амплитуду ЭМГ. Перечисленные недостатки, в сумме, накладывают жесткие ограничения на количество используемых каналов. Технически — это вполне реализуемо. Но расположить на культе пользователя множество электродов (3 электрода на канал), и быть уверенным, что с каждой мышцы будет получен достаточно чистый сигнала, становится очень трудно. Выходом из этой ситуации становится использование крупных и групп мышц.

Таким образом, протез, управляемый интерференционным ЭМГ-сигналом, должен быть способен выполнить хотя бы захват предмета и сгибание кисти. В релейном управлении при использовании двух каналов (на сгибание и на разгибание) может быть организовано переключение между выполняемыми движениями либо с помощью дополнительных элементов управления (кнопки на самом протезе, настройка через мобильное приложение), либо через одновременное напряжение мышц сгибателя и разгибателя. Типы хвата тоже могут быть различны: закрытый, открытый, хват двумя пальцами маленьких предметов и т. д. Переключение между ними может быть организованно так же, как это описано ранее.

В результате работы был разработан макет системы управления протезом верхней конечности на основе электромиографического сигнала, с помощью которого можно получить записи ЭМГ, провести их обработку, отладку алгоритма обработки и опробовать на пользователе.

Список литературы:

1. Славуцкий, Я.Л. Физиологические аспекты биоэлектрического управления протезам / Я. Л. Славуцкий. — М.: Медицина, 1982. — 289 с.

Система поддержки принятия решений при коррекции психофизиологического состояния профессиональных спортсменов

А. Д. Трошева, К. Н. Болсунов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Актуальность темы обусловлена необходимостью совершенствования спортивных результатов путем использования новых методов коррекции психофизиологического состояния спортсменов, в том числе на базе биологической обратной связи (БОС). Наиболее известными работами в этом направлении являются: а) работы N. Miller, б) данные M. B. Sterman, в) открытие J. Ka-

miya способности испытуемых произвольно изменять параметры своей электроэнцефалограммы (ЭЭГ) при наличии обратной связи об их текущих значениях. Значительный вклад в теорию управления движениями в спорте сделали В. С. Фарфель и его школа [1, 3]. Нельзя не отметить исследования, проводимые в настоящее время Н. Б. Суворовым, М. Б. Штарком и другими учеными [2].

Целью работы является разработка новых экспериментальных методов повышения эффективности тренировочного процесса спортсменов за счёт адаптивного управления параметрами в цепи биологической обратной связи. Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи: 1) разработка концепции поддержки принятия решений тренера для обеспечения научно-обоснованной коррекции состояния спортсмена за счёт адаптивного управления параметрами в цепи биологической обратной связи; 2) разработка модели эффективности достижений спортсмена-аэробиста, позволяющей прогнозировать спортивные результаты; 3) разработка алгоритмов коррекции состояния спортсменов с учётом динамики психофизиологических и психоэмоциональных показателей; 4) разработка системы поддержки принятия решений при коррекции состояния спортсмена методом адаптивного биоуправления; 5) экспериментальная апробация получаемых результатов.

Объектом исследования является система поддержки принятия решений при коррекции психофизиологического состояния профессиональных спортсменов. Предметом исследования является информационное, методическое и программно-алгоритмическое обеспечение системы.

К выступлению спортсменов предъявляется ряд требований:

- содержание упражнения должно сбалансировано сочетаться с выбранным музыкальным стилем;

- обязательные элементы, а также координационные движения рук и ног должны быть выполнены с правильным положением тела;

- во время упражнения должны быть задействованы все углы, стороны, и центральная часть площадки максимальное количество раз, а также присутствовать перемещения по площадке вперёд, назад, в сторону, по диагонали, по кругу.

В ходе тренировок, проводимых на базе кафедры физического воспитания и спорта отделения гимнастики СПбГЭТУ «ЛЭТИ» при участии сборной команды по спортивной аэробике, в реальном масштабе времени осуществля-

ется расчет набора физиологических характеристик и показателей самоконтроля. Для каждого занимающегося ведётся так называемый дневник самоконтроля и собирается объём необходимых данных. Полученные результаты подвергаются статистической обработке (с применением пакета «STATISTICA»).

Предполагаемые результаты научного исследования:

- Концепция поддержки принятия решений тренера для обеспечения научно-обоснованной коррекции состояния спортсмена-аэробиста за счёт адаптивного управления параметрами в цепи БОС.

- Модель эффективности достижений спортсмена-аэробиста, учитывающая динамику его психофизиологического и психоэмоционального состояния, позволяющая прогнозировать спортивные результаты.

- Алгоритм коррекции состояния спортсмена-аэробиста путём поэтапного перехода из текущего состояния в состояние, определяемое моделью достижения наилучшего результата деятельности, учитывающей динамику психофизиологических и психоэмоциональных показателей.

- Система поддержки принятия решений при коррекции состояния спортсмена-аэробиста, использующая разработанные модели и алгоритмы коррекции спортсмена методом адаптивного биоуправления.

Список литературы:

1. D. Corydon Hammond. What Is Newrofeedback / Hammond D.C. // Journal of Neurotherapy. — 2006. № 10 (4). — P. 25 — 33.

2. Падерно П. И., Надежность человека в системах управления: учеб. пособие / П.И. Падерно, Н.Б. Суворов. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. — 63 с.

3. Холодов Ж.К., Теория и методика физического воспитания и спорта / Ж.К. Холодов, В.С. Кузнецов. — М.: Академия, 2000. — 475 с.

Информационная система для выявления отклонений в развитии детей раннего возраста с нарушением слуха на основе группировки факторов риска

А. В. Ульянова[1], Г. А. Машевский[1], Д. С. Юрьева[2], А. Б. Пальчик[2]

[1]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

[2]Санкт-Петербургский Государственный педиатрический медицинский университет

Диагностика и последующая реабилитация детей с нарушениями развития является одной из актуальных проблем в современной медицине. У детей с задержками развития возникает целый ряд проблем с социализацией, самообслуживанием и обучением. Из-за этого подобные дети нуждаются в комплексе мер по реабилитации. Очевидно, что чем раньше будут установлены отклонения в развитии ребенка, тем эффективней будет лечение и успешней социальная адаптация.

Существует большое количество разнообразных методик для установления уровня развития ребенка. Например, Денверский Скрининг тест развития (DDST), шкала интеллектуального развития по Гриффитс (GMDS), шкала моторного развития Альберта (AIMS). С помощью этих методик можно диагностировать отклонения в психомоторном развитии ребенка, однако подобные методики не лишены ряда недостатков, и они не дают возможность установить причины возникновения отклонений от нормы.

С другой стороны, существует большое количество факторов, способных влиять на уровень развития ребенка, при этом на разные составляющие развития один и тот же фактор может влиять по-разному. Следовательно, возникает потребность в выявлении подобных факторов и выделении среди них наиболее значимых, вносящих существенный вклад в развитие детей раннего возраста.

Для установления факторов, влияющих на развитие ребенка, был проанализирован массив, состоящий из 130 наблюдений детей с девиантными формами развития. В него вошли результаты оценки психомоторного развития ребенка по трем шкалам, факторы, выявленные в период внутриутробного развития, в период родов, в первые 28 дней после рождения, а также данные о наличии или отсутствии отдельных патологий, которые могли повлиять на развитие ребенка. Для решения задачи по выявлению факторов, влияющих на развитие ребенка, массив был подвергнут корреляционному анализу. Т.к.

большинство рассматриваемых параметров — категориальные переменные, для оценки связи между переменными был использован коэффициент ранговой корреляции Спирмена, а для его расчёта использовалась программа Statistica 7.0.

В процессе реабилитации ребёнка важно учитывать степень влияния тех или иных факторов на его развитие. Таким образом, для оптимизации процесса диагностики и повышения его эффективности необходимо произвести ранжирование факторов в зависимости от значимости их влияния на развитие ребёнка. Для этого были построены математические модели для оценки влияния факторов, воздействующих на развитие детей на основе метода группового учета аргументов. Факторы для моделей выбирались в зависимости от коэффициентов корреляций между ними и показателями шкал психомоторного развития, а также частоте встречаемости этого фактора в массиве.

Метод группового учета аргументов (МГУА, GMDH — Group method of data handling) — это метод порождения и выбора регрессионных моделей оптимальной сложности. Для построения моделей на основе МГУА использовалась программа GMDH Shell DS 3. Для каждого показателя шкал из массива строилась функция (полином) описывающая зависимость между оценочной шкалой и коррелирующими с ней факторами. Для примера можно привести полином, описывающий зависимость между показателями шкалы для оценки навыков общения и ухода за собой по Денверскому Скрининг тесту развития, CMV — ЦМВ во время беременности у матери, VGC — наличие вирусного гепатита «С» у матери и Cord — обвитие младенца пуповиной во время родов: $DDST_{social} = 0{,}198 + CMV \times Cord \times 0{,}401 + VGC \times 0{,}46$.

На основе построенных моделей, разрабатывалась информационная система, с помощью которой можно будет выявлять отклонения в развитие детей раннего возраста. Информационная система позволяет решать задачи внесения, обработки данных и хранения постоянно растущего объема медицинской информации. Одним из основных этапов разработки является создание и ведение баз данных, позволяющих хранить данные, как о пациенте, так и о медицинских исследованиях. В качестве среды проектирования была выбрана реляционная система управления базами данных Microsoft Office Access и среда для разработки приложений Embarcadero RAD Studio.

В результате, разработанная информационная система позволяет осуществлять добавление и поиск информации о конкретном ребенке в базе данных, добавление и поиск значений факторов, влияющих на его развитие,

а также провести анализ на основании данных по факторам. Анализ осуществляется на основе функций, построенных с помощью метода группового учета аргументов. Т.о. информационная система, с помощью программно заданного алгоритма, принимает решение о возможных отклонениях от нормы в развитии ребенка.

Список литературы:

1. Богданов С. И., Рогачев А. Ф., Титова В. А. Создание и ведение реляционных баз данных в СУБД Ms Office Access (учебно-методическое пособие) // Международный журнал экспериментального образования. 2014. №3-2. [Электронный ресурс]. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-i-vedenie-relyatsionnyh-baz-dannyh-v-subd-ms-office-access-uchebno-metodicheskoe-posobie (дата обращения: 24.10.2016)/
2. Гуревич К.М., Борисова Е.М. Психологическая диагностика. Учебное пособие. М.: УРАО, 1997. — 182 с.
3. Левченко И.Ю., Забрамная С.Д. Психолого-педагогическая диагностика: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. М.: Издательский центр Академия, 2003. — 320 с.
4. Таузер Й., Бурян П. [Taušer J., Buryan P.] Exchange rate predictions in international financial management by enhanced gmdh algorithm // Prague economic papers. vol. 20, № 3, 2011. — 398 с.

Устройство для регистрации приступов бронхиальной астмы

Н. Б. Фархутдинова

ФБГОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»

Бронхиальная астма вне зависимости от степени тяжести — хроническое воспалительное заболевание дыхательных путей, в котором принимают участие многие клетки и медиаторы воспаления [1]. Хроническое воспаление связано с бронхиальной гиперреактивностью, которая связана с распространенной вариабельной бронхиальной обструкцией бронхиального дерева, которая обратима под влиянием лечения.

Симптоматически приступы бронхиальной астмы проявляются в виде хрипов, одышки, ощущения тяжести в грудной клетке и кашля, особенно ночью или ранним утром.

Ведущая причина развития бронхиальной астмы — это реакция гиперчувствительности I типа на аллергены окружающей сред, особенно в ответ на цветочную пыльцу, клещей домашней пыли, домашних животных, плесневые грибки.

В то же время существует большое количество случаев эндогенного развития заболевания, которые частично сопряжены с инфекциями верхних ды-

хательных путей и воздействием ингаляционных патогенных факторов с раздражающим или токсическим действием [1].

Главной проблемой является регистрация приступа бронхиальной астмы или его предвестников. Больному важно вовремя принять лекарства иначе купировать симптомы будет сложнее и дольше.

Процесс регистрации и мониторинга приступов бронхиальной астмы выполняется методом измерения импеданса легких.

Для измерения импеданса тела существует три метода:

- к объекту измерений прикладывается известная разность электрических потенциалов и измеряется значение электрического тока, протекающего в цепи;
- через объект измерений пропускается известное значение электрического тока и измеряется созданное им падение напряжения;
- к объекту измерений прикладывается известное значение электрической мощности и измеряется или электрический ток в цепи, или электрическое напряжение [3].

В данном устройстве используется второй метод: через биообъект пропускается ток величиной 50 мкА, частотой 40 кГц.

В устройстве используется метод измерения импеданса: через биообъект пропускается ток величиной 50 мкА, частотой 40 кГц.

Для реализации устройства используется аппаратная платформа Arduino Nano. Блок электродов состоит из пары электродов, типа TOP TRACE и мультиплексора для переключения между ними. Блок обработки включает в себя аппаратную платформу Arduino Nano, цифровой потенциометр, источник тока, ФНЧ.

Данное устройство, при условии нормальной работоспособности поможет людям, которые страдают от приступов бронхиальной астмы.

Главной задачей является установить, при каком значении сопротивления проявляются предвестники бронхиальной астмы и запрограммировать Arduino на срабатывание тревоги при достижении этих сопротивлений. Особенно это актуально для маленьких детей, страдающих этой болезнью. Если взрослый человек может сам заметить недомогание, то у ребёнка это заметить сложнее. Также устройство будет полезно в ночное время суток (по статистике большая часть приступов приходится на ночь и утро, примерно с 3:00 до 5:00 ч.).

Список литературы:

1. Прейссер А. Бронхиальная астма и хроническая обструктивная болезнь легких —

Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2010. — 192 с.
2. Шило В. Л. Популярные цифровые микросхемы — Москва: «Радио и связь», 1987. — 352 с.
3. Гусев В. Г. Получение информации о параметрах и характеристиках организма и физические методы воздействия на него — Москва: Машиностроение, 2004. — 597 с.
4. Новиков С. Г. Электрическое сопротивление тела человека [Электронный ресурс] // Московский энергетический институт. 2005. 23 ноября. URL: http://bgd.alpud.ru/_private/Sopr_tel_chel.htm (дата обращения: 15.02.2017).

Технология исследования состояния плеча после вывиха в плечевом суставе

Е. В. Фогт

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Актуальность. Плечевой сустав совершает множество разнообразных движений, но он очень уязвим к повреждениям — площадь соприкосновения его суставных поверхностей довольно мала. Лечение вывиха плеча направлено на восстановление нормальной структуры плечевого сустава.

Целью представленной работы является построение алгоритма исследования состояния плеча после вывиха в плечевом суставе.

Задачи: 1. Изучить программы, позволяющие реализовать алгоритм исследования состояния плеча после вывиха в плечевом суставе; 2. Построить трехмерную модель плеча, пригодную для исследования его напряженно деформированного состояния; 3. Провести исследования напряженно деформированного состояния (НДС) плеча при статических нагрузках.

Разработанный алгоритм исследования состояния структур плечевого сустава после вывиха состоит из следующих этапов:

1. Получение снимков компьютерной томографии (КТ) плечевого сустава.
2. Обработка снимков КТ в программе Mimics, создание маски (3D-контуров) плечевого сустава.
3. Подготовка полученных контуров в MeshLab для конвертирования в программный комплекс SolidWorks.
4. Построение трехмерной модели плечевого сустава, используя инструмент ScanTo3D программы SolidWorks.
5. Исследование модели сустава на статические нагрузки в SolidWorksSimulation.

Изначально предполагалось, что после обработки снимков КТ в программе Mimics полученные маски будут импортированы напрямую в программный комплекс SolidWorks. Но получаемые модели не удовлетворяли требованиям нашего исследования, так как отсутствовала возможность проводить анализ на нагрузки. Поэтому было найдено решение использовать программу MeshLab для упрощения 3D-контуров из Mimics. Затем полученный контур в формате файла сетки конвертировался в SolidWorks, где с помощью инструмента ScanTo3D получили модель плеча.

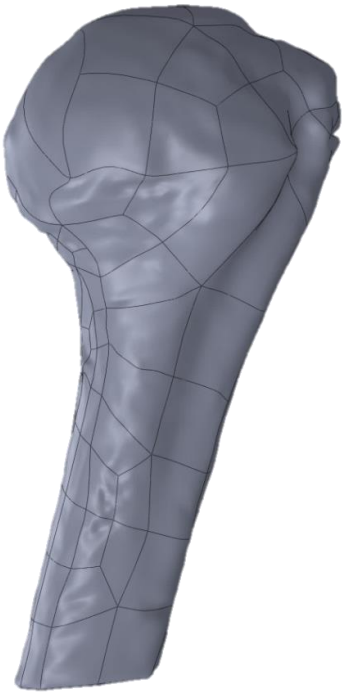


Рис. 1. Трехмерная модель плеча

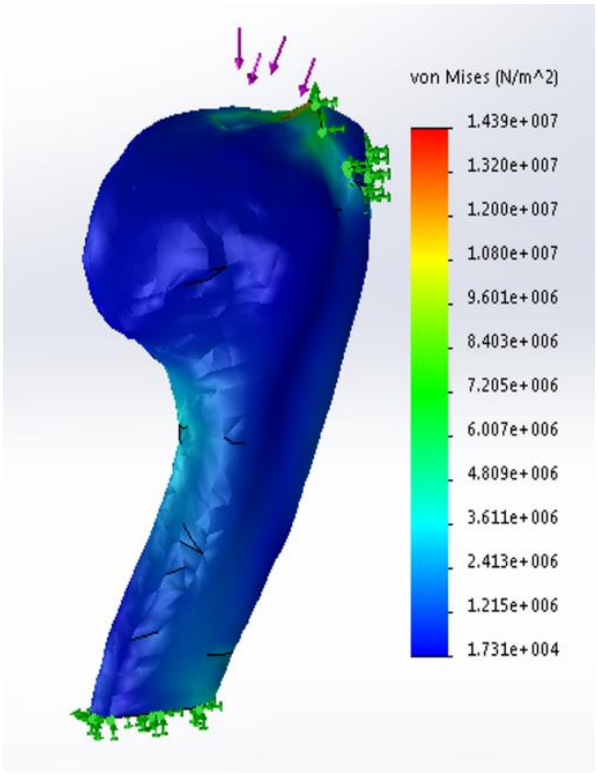


Рис.2. Эпюра напряжений в плече

Результатом проделанной работы стала трехмерная твердотельная модель плеча, пригодная для исследования НДС при статических нагрузках (рис. 1). На рис. 2 приведена эпюра напряжений в плече при статической нагрузке 1500 N.

Список литературы:

1. Бегун П.И. Биомеханическое моделирование объектов протезирования. — СПб.: Политехника, 2011. — 464 с.

2. Компьютерное моделирование в прикладной и биомеханике: учебное пособие /П.И. Бегун, Е.А. Лебедева, Д.А. Лобачева, О.В. Щепилина; Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», СПб., 2015. — 159 с.

3. ScanTo3D — обзор [Электронный ресурс] // Справка по SolidWorks. URL: http://help.solidworks.com/2016/russian/SolidWorks/scanto3d/c_Scanto3d_overview.htm (дата посещения 20.02.2017 г.)

Применение регрессионной модели для прогнозирования гликемии у больных гестационным сахарным диабетом

Л.М. Хайрбаева[1], Е.А. Пустозеров[1,2], П.В. Попова[2], А.С. Ткачук[2], Я.А. Болотько[2]

[1]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

[2]Институт Эндокринологии, Северо-Западный федеральный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова

В настоящее время гестационный сахарный диабет (ГСД) диагностируется в 3-18% случаев беременностей в зависимости от методов скрининга, критериев и исследуемой популяции [1], что делает его чрезвычайно распространенным заболеванием. Для контроля гликемии при ГСД необходимо придерживаться определенной диеты и распорядка дня, при этом, зачастую пациенткам приходится в рекордно короткие сроки осваивать основы контроля гликемии. Это делает актуальным применение предсказательных моделей, способных предотвратить возможные риски гипергликемии.

Целью данной работы является разработка индивидуализированной модели прогнозирования уровня глюкозы в крови по данным о приемах пищи.

Для достижения поставленной цели были сформулированы задачи:

1. Выявление зависимостей между динамикой уровня глюкозы в крови, питанием и индивидуальными характеристиками пациентов;
2. Разработка модели для предсказания гликемии;
3. Апробация и совершенствование разработанной модели;
4. Внедрение модели в систему мониторинга ГСД [2].

В настоящее время существуют различные подходы к прогнозированию гликемии, среди которых широкое распространение получили:

- Модели на основе дифференциальных уравнений;
- Модели на основе нечеткой логики;
- Модели на основе нейронных сетей.

Для оценки взаимосвязи между характеристиками питания и постпрандиальным уровнем сахара в крови нами была апробирована линейная регресси-

онная модель. Модель была построена на результатах экспериментального исследования 136 пациенток, которые осуществляли мониторинг питания и уровня гликемии. Показателями, которые были использованы для настройки общей регрессионной модели, были индивидуальные характеристики пациенток, включающие: возраст, вес и индекс массы тела, уровень гликированного гемоглобина и кетонурии при первом осмотре.

О каждом приеме пищи фиксировались следующие данные: количество белков, жиров и углеводов в потребляемой пище, калорийность блюд и неделя беременности на момент приема пищи. Выходной характеристикой модели является уровень глюкозы в крови через час после приема пищи.

Было исследовано 19527 значений гликемии для обучения модели. Средняя ошибка предсказания при тестировании модели на неизвестных данных составила 0,5 ммоль/л.

На рис. 1 показано распределение некоторых применяемых при прогнозировании гликемии характеристик по двум группам значений постпрандиальной гликемии: нормогликемия (≤7,0 ммоль/л), гипергликемия (>7,0 ммоль/л). Значения p-статистик составили соответственно: 0,010; 0,001; $2,2e^{-16}$; 0,0003.

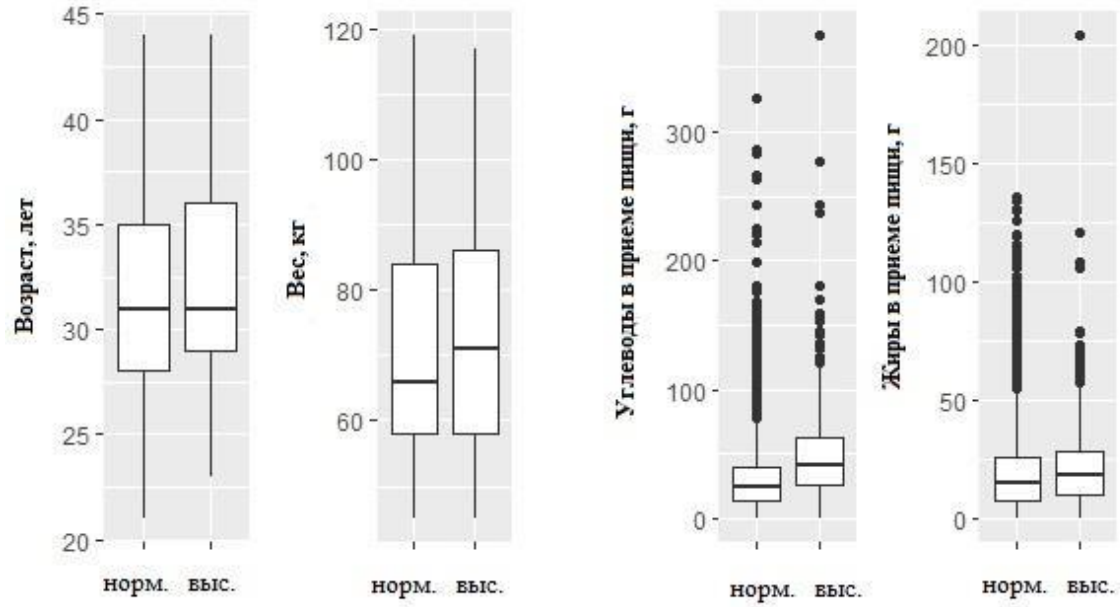


Рис.1. Характеристики пациенток и состава приемов пищи в норме и при превышении уровня сахара в крови выше порога

В дальнейшем планируется построение и апробация на основе экспериментальных данных более сложных моделей предсказания гликемии, а также

включение в анализ дополнительных факторов, влияющих на уровень гликемии. Планируется продолжение работы по накоплению данных для обучения более сложных моделей.

Данное исследование проводится при поддержке гранта РНФ (проект №15-14-30012).

Список литературы:

1. Popova P., Castorino K., Grineva E., Kerr D. Gestational diabetes mellitus diagnosis and treatment goals: measurement and measures // Minerva Endocrinol, 2016. 41(4). — 421-432 с.
2. Пустозеров Е.А., Попова П.В., Болотько Я.А., Юлдашев З.М. Программный комплекс для автоматизированной обработки сигналов CGMS и электронных дневников наблюдения // Биомедицинская радиоэлектроника. — 2016. № 8. — 38-43 с.

К вопросу создания прибора для регистрации движений глаз

К. Л. Хузягулова, Т. В. Мирина

Уфимский государственный авиационный технический университет

В настоящее время все активнее развиваются технологии для повышения качества жизни людей с ограниченными возможностями. Одной из таких технологий является окулография или, по-другому, айтрекинг. Окулография — это технология отслеживания глаз, которая позволяет даже полностью парализованным людям набирать текст на компьютере, общаться, обучаться, и даже развлекаться, используя исключительно глаза.

Одним из способов отслеживания движений глаз является электроокулография. Этот способ возможен благодаря электрическим свойствам глазных яблок. Если вокруг глаз человека установить электроды, то с помощью них при движениях глаз можно обнаружить изменение разности потенциалов. По виду полученных сигналов определяется направление движений глаз человека.

После анализа выпускаемых устройств и патентных исследований автором была поставлена задача повышения точности регистрации движений глаз и расширения функциональных возможностей устройства. Исходя из этого создана структурная схема устройства (рис. 1).

Структурная схема включает в себя датчики вертикальных и горизонтальных движений глаз, в качестве которых используются емкостные датчики электрического поля, не требующие использования электропроводящего геля

[1]. Благодаря этому возможно размещение датчиков на специальных очках, что значительно повышает не только удобство использования устройства, но и качество сигнала, то есть отслеживание движений глаз будет более точным. Сигналы датчиков подаются на инструментальные усилители, которые выделяют разность сигналов с их выходов. Для подавления помех и шумов в схеме используются фильтры нижних частот с частотой среза 10 Гц.

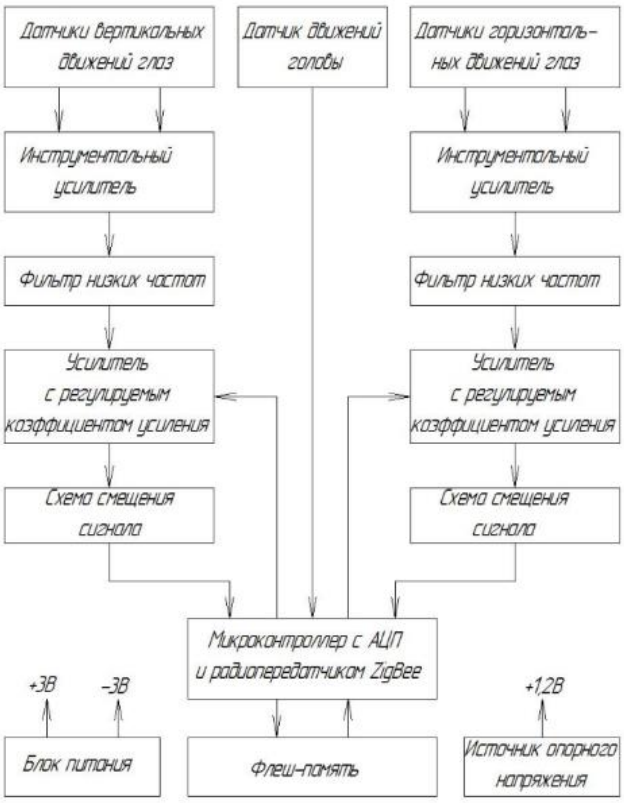


Рис. 1. Структурная схема электроокулографа

Функцию усиления выполняют усилители с регулируемыми коэффициентами усиления. Такая регулировка необходима для настройки устройства под конкретного пользователя и использования полного динамического диапазона АЦП микроконтроллера, куда и поступают усиленные, отфильтрованные и смещенные в положительную область сигналы, соответствующие горизонтальным и вертикальным движениям глаз. Задача повышения точности была решена использованием датчика движений для компенсации наклонов головы, которые оказывают влияние на получаемый сигнал электроокулографии. Функциональность устройства расширена с помощью использования микроконтроллера с встроенным радиомодулем ZigBee для беспроводной связи с компьютером. Точное опорное напряжение формирует источник опор-

ного напряжения. Для питания микросхем и датчиков используется блок питания.

Таким образом, разработанное устройство регистрирует движения глаз человека и с помощью беспроводной связи отправляет данные на компьютер для дальнейшей обработки. Оно портативное, имеет небольшие массогабаритные показатели и может крепиться на руку. Все датчики могут быть расположены на специальной маске. Такое устройство может быть полезно людям с ограниченными возможностями как устройство ввода информации при работе с компьютером. Также оно может применяться для управления бытовыми приборами.

Список литературы:

1. Бекмачев А. Е. Датчики Epic от Plessey Semiconductors — прорыв в сенсорных технологиях // Компоненты и технологии. — 2013. № 1. — С. 130-133.

Использование вейвлет-преобразования для устранения окулографических артефактов

М. С. Ча

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Сигнал электроэнцефалограммы играет ключевую роль при анализе состояния головного мозга. Во время анализа сигнала ЭЭГ, встречаются многочисленные помехи, среди которых есть артефакты моргания или окулографические артефакты и следы сигнала электрокардиограммы. Для компенсации следов электрокардиограммы может быть использована параллельная запись сигнала электрокардиограммы. Однако удаление окулографических артефактов представляет из себя сложную задачу. Эти артефакты имеют высокую амплитуду, в десятки раз превышающую амплитуду сигнала электроэнцефалограммы. Так же они примечательны тем, что форма артефактов у разных пациентов различна, но у одного пациента одинакова.

Окулографический артефакт представляет собой локальное событие, поэтому одним из методов, используемых в таком случае является вейвлет-преобразование. Оно позволяет получить локальный спектр участка сигнала без потерь, какие были бы при использовании преобразования Фурье. В данной работе представлен сравнительный анализ двух алгоритмов, основанных на

вейвлет-преобразовании и предназначенных для устранения окулографических артефактов. Одним из этих алгоритмов является так называемый трешолдинг (_англ. *thresholding* — ограничение) — обнуление определенных коэффициентов, не удовлетворяющих заданным условиям [1].

Другим алгоритмом является комбинация вейвлет-преобразования и фильтра Калмана. Фильтр Калмана — алгоритм фильтрации, использующий переходную характеристику системы, управляющие воздействия и погрешности для предсказывания истинного состояния системы в следующий отрезок времени [3]. В данном случае алгоритм предсказывает истинное значение окулографического артефакта.

В наиболее общем виде алгоритм удаления окулографических артефактов из сигнала электроэнцефалограммы состоит из следующих этапов:

- поиск окулографических артефактов с помощью порогового алгоритма;
- дискретное вейвлет-разложение участка сигнала с окулографическим артефактом;
- обработка различных уровней разложения с помощью алгоритма очистки;
- воссоздание окулографического артефакта из обработанного вейвлет-разложения;
- удаление окулографического артефакта из данного сигнала ЭЭГ.

В качестве критерия эффективности используется значение минимизации дисперсии. Данный критерий был выбран на основе принципа компенсации помех, предложенного Б. Уидроу [2]. Максимальное значение падения дисперсии на участке с окулографическим артефактом было получено при использовании фильтра Калмана. Порядка 223 раз. Данный показатель больше, чем при использовании трешолдинга. Значение падения дисперсии при использовании трешолдинга составляет на том же участке 161 раз.

Использование вейвлет-преобразования позволяет настроить систему для обработки сигнала ЭЭГ в реальном времени без потерь в преобразовании. Комбинирование вейвлет-преобразования и фильтра Калмана дает большие перспективы для обработки биомедицинских сигналов, в частности ЭЭГ, так как имеет гибкую настройку как самого вейвлет-преобразования, так и фильтра Калмана. Также это позволяет создать на базе этого алгоритма встраиваемую библиотеку для различных электроэнцефалографов.

Список литературы:

1. Воскобойников Ю. Е. Фильтрация сигналов и изображений: Фурье и вейвлет алгоритмы /

Ю. А. Воскобойников, А. В. Гочаков, А. Б. Колкер. — Новосибирск: Изд-во НГАСУ (СИБСТРИН), 2010.
2. Уидроу. Б. Адаптивная обработка сигналов / Б. Уидроу, С. Стирнз; перевод с английского Ю. К. Сальников, под ред. В. В. Шахгильдяна. — Москва: Радио и связь, 1989.
3. Обидин М. В. Очистка сигналов от шумов с использованием вейвлет-преобразования и фильтра Калмана/ М. В. Обидин, А. П. Серебровский // Информационные процессы, Т. 13. — Москва: 2013.

Измерительная ячейка биотестовой системы для экспресс-анализа токсичности воды

А. В. Шавшина, В. Ю. Вишневецкий

Южный федеральный университет. Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения

С каждым годом усиливается загрязнение водных ресурсов. В большинстве случаев поллютанты растворятся в воде и являются невидимыми для человеческого глаза, однако, они могут нанести огромный вред живым существам и экосистеме в целом. Именно поэтому появилась острая необходимость в контроле и мониторинге качества вод, что, в свою очередь, породило необходимость изобретения и совершенствования аппаратуры для экспресс-анализа токсичности водных проб.

Цель исследования − создание удобной измерительной ячейки, способной повысить производительность экспериментов, для проведения биотестирования, основанного на фотометрическом методе контроля хемотаксиса инфузорий.

На рисунке 1 представлен предлагаемый вид ячейки, встраиваемой в верхнее основание прибора, то есть кювета с анализируемой пробой будет помещаться вертикально, что обеспечит свободный доступ для ее помещения и извлечения из измерительной ячейки. Данное расположение хорошо зарекомендовало себя в таких приборах как анализатор общего белка в моче и анализатор для определения биохимических компонент крови.

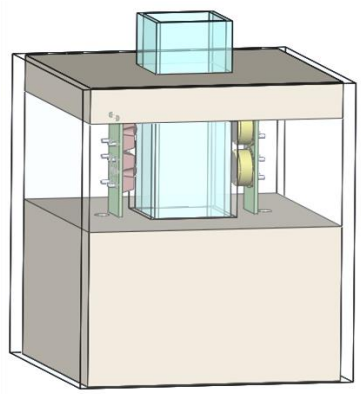


Рис.1. Измерительная ячейка биотестовой системы

Измерительный блок представляет собой совокупность источника и приемника излучения, а также оптической кюветы, в которую помещается проба с инфузориями и исследуемым образцом воды. В качестве источника излучения выступает линейка светодиодов с длиной волны 660 нм. Она обеспечивает необходимый световой поток, по изменению интенсивности которого можно судить об интегральном показателе токсичности жидкости. Выбор был основан на том, что свет с данной длинной волны близок по спектру длинноволновому максимуму поглощения инфузорий [1]. В качестве приемника излучения может быть использована линейка фотодиодов с диапазоном волн 420 − 675 нм. Так как при проведении исследования мы имеем дело с жидкостью, то предусмотрена защита от попадания влаги. Для этого используется экран, изготовленный из оптического стекла К8.

Основание, к которому крепятся платы свето- и фотодиодов выполняется из полимерного пластика. В основании так же имеются сквозные отверстия, предназначенные для подвода проводов к диодам. Форма основания предусматривает возможное встраивание платы коммутации либо платы предварительного усилителя.

Данная измерительная ячейка предусматривает использование стандартных оптических кювет с размерами 13х13х45 мм, и рассчитана на емкость пробы, равную 4 мл, где взвесь инфузорий − 2 мл, анализируемая вода — 2 мл [2].

Таким образом, предложена измерительная ячейка биотестестовой системы, имеющая простую конструкцию и позволяющая легко поместить колбу с исследуемой жидкостью в прибор для тестирования токсичности воды, что может повысить производительность экспериментов. Использование линеек

свето- и фотодиодом позволит увеличить точность и достоверность результатов исследования, за счет создания светового потока необходимой интенсивности.

Список литературы:

1. Вишневецкий В. Ю. Возможности аппаратурной реализации биотестера для определения токсичности водной среды [Текст] / В. Ю. Вишневецкий, Н. Г. Булавкова // Известия Южного федерального университета. Технические науки. — 2010. № 9 — С. 113-117.
2. Шавшина А. В., Вишневецкий В. Ю. Биотестовая система и методика экспресс-анализа токсичности воды [Текст] // Неделя науки 2016 / Сборник тезисов. Южный федеральный университет. — Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2016. — С. 404-407.
3. Шавшина А. В., Вишневецкий В. Ю. Методы биомониторинга. Биотестирование токсичности вод при помощи приборов серии «Биотест» [Текст] / А. В. Шавшина, В. Ю. Вишневецкий // Экология, проблемы приморских территорий: сб. трудов. — Таганрог, 2015. — С. 207-210.

Система электропитания радиоэлектронных устройств на основе термоэлектрического эффекта

Р. М. Шамсутдинов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

В современный век информационных технологий ни одно устройство не обходится без использования источника энергий. Особенно остро встаёт вопрос с изделиями, содержащими аккумуляторные батареи. Пополнение затраченной энергии возможно при использовании генераторов различных типов, например: бензиновых кинетических, солнечных, термоэлектрических (ТЭГ) и др. О последних то и пойдёт речь. Существует еще немаловажный фактор рационального использования энергии, ведь часто она расходуется в пустую (для увеличения энтропии). Примером могут служить геотермальные ТЭЦ, сжигание остатков нефтепродуктов, использование факельных установок, автомобильные глушители и т. д. Из всего этого можно вырабатывать энергию посредством применения ТЭГ. При использовании полупроводниковых материалов, которые при малом весе и габаритах, а также из-за отсутствия движущихся частей, могут вырабатывать термоЭДС можно использовать их в отдаленных от солнца космических проектах, так как применение солнечных панелей становится нецелесообразным. Так же интересна будет тема для люби-

телей активного отдыха, т. к. мы получаем компактный и легкий, экономически выгодный генератор для подзарядки радиоэлектронных устройств. Термоэлектрические генераторы — это некое техническое устройство, предназначенное для прямого преобразования тепловой энергии в электрическую с помощью использования термоэлементов. Ярким примером являются модули Пельтье генераторного типа, работающие на эффекте Зеебика. *Эффект Зеебека* — явление возникновения ЭДС в электрической цепи, состоящей из последовательно соединенных разнородных проводников, контакты между которыми находятся при различных температурах. Эффект Зеебека также иногда называют просто *термоэлектрическим эффектом* [1].

Современные радиоэлектронные устройства чаще всего предъявляют следующие требования к устройствам питания: $U = 5$ В, $I = 1$ А.

Для расчета количества необходимых элементов проведено следующее исследование. Рассмотрен один элемент Пельтье, одну из сторон которого охлаждают водой с температурой t_1, а другую нагревают до температуры t_2. На рис. 1 представлена зависимость выходного напряжения (U, В) от разницы температур сторон элемента ($t_2 — t_1$, °С).

Модули генерируют ЭДС при охлаждении и нагревании соответствующих сторон. Энергия поступает на вход стабилизатора, выход которого подключается к радиоэлектронному устройству и осуществляет зарядку его аккумулятора. Для получения на выходе стабилизатора 5 В, необходимо чтобы на входе напряжение было не менее 8 В. Следовательно необходимо использовать 8 элементов.

На рис. 2 представлена структурная схема устройства. Размеры разрабатываемого устройства составляют 100 × 200 × 150 мм. В верхней емкости разводится огонь, который нагревает радиатор №1. В нижней емкости находится охлаждающая жидкость (вода), охлаждающая радиатор № 2. Между радиаторами располагаются элементы Пельтье — для улучшения теплопередачи используется термопаста.

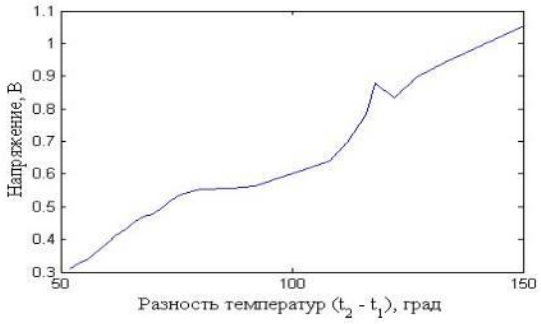


Рис. 1.График зависимости напряжения от разности температур

Рис. 2. Структурная схема устройства

Устройство состоит из: 8 элементов Пельтье (SP1848-27145), 2 игольчатых радиаторов, стабилизатора напряжения с USB выходом и источника тепловой энергии-печки.

Так как наработка на отказ модулей составляет более 100000ч при соблюдении условий эксплуатации, заданных в технических характеристиках и отсутствия движущихся элементов можно сделать вывод, что они обладают достаточной надёжностью для выдерживания суровых походных условий.

Список литературы:

1. Стильбанс Л.С. Физика полупроводников. — М.: Советское радио, 1967. — 452 с.

Оценка экологической опасности литейных отходов производства серебряных изделий

Е.В. Шевлякова, О.В. Рахимова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Металлургия и литейное производство оказывает большое влияние на окружающую среду, загрязняя все её компоненты: атмосферу, гидросферу, литосферу. Литейные отходы по своему элементному составу подразделяются на 3 категории опасности: первая категория — практически инертные смеси, безвредные для окружающей среды; вторая категория — отходы, содержащие биохимически окисляемые вещества; третья категория — отходы, содержащие токсичные и малорастворимые в воде вещества. Каждая категория отходов оказывает определённое влияние на окружающую среду и требует соответствующего способа утилизации или захоронения.

Нами была проведена оценка экологической опасности литейных отходов

производства серебряных изделий. Объектом исследования была отработанная массо-форма, содержащая суперпластификатор МФ на основе меламин-формальдегидной смолы, состоящий из гипса, кристобалита и добавочных компонентов, состав которых не указан.

Результаты элементного анализа, выполненного на электронном микроскопе Hitachi S-570 с элементным анализом Bruker Quantax 200 with DX system, показали, что массовая доля алюминия в пробе составляет 0,05 %, кремния — 5,44 %, серы — 8,99 %, кальция — 11,51 %, титана — 0,84 %, хрома — 29,23 %, железа — 20,52 %, никеля — 1,73 %, кислорода — 21,68%.

С помощью качественного анализа водной вытяжки, приготовленной из навески отходов в соотношении $m_{\text{нав}}: H_2O = 1:10$, было установлено, что водорастворимая часть литейных отходов содержит ионы кальция Ca^{2+} и сульфат-ионы SO_4^{2-}. Значение водородного показателя pH = 5 (pH-метр Sartorius PP-15) показывает, что в процессе производства в массо-форме происходят реакции, увеличивающие её кислотность (начальное значение pH до термообработки составляет 7 — 9).

С точки зрения экологической опасности объекта исследования наиболее информативными стали результаты, полученные ИК-спектроскопией методом нарушенного полного внутреннего отражения (МНПВО) для образца без термообработки и представленные на рис. 1.

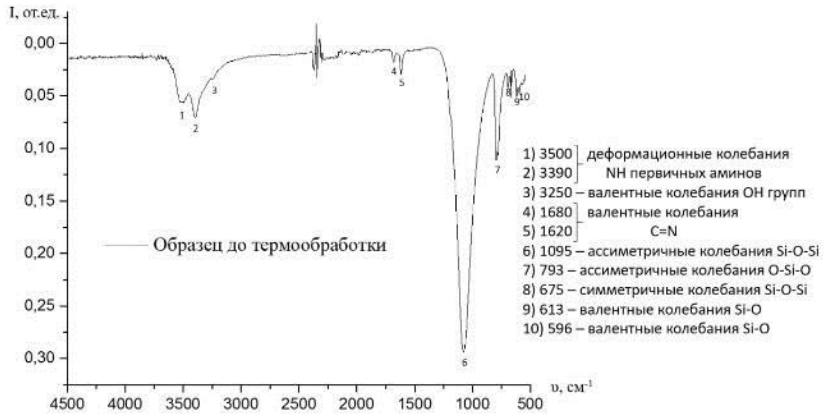


Рис.1. Результаты ИК-спектроскопии в режиме МНПВО

Характеристические полосы поглощения 4 и 5 указывают на наличие азометиновой группы, содержащейся в основаниях Шиффа − N-замещенных алифатических иминах, или на присутствие в образце изоцианатов -N=C=O. Алифатические имины хорошо гидролизуются с образованием карбонильных соединений и аминов. Амины относятся ко II классу опасности, изоцианаты — к I классу опасности.

Для расчёта индекса токсичности было проведено биотестирование водной вытяжки образца литейных отходов с использованием инфузорий Paramecium Caudatum при помощи прибора «БИОТЕСТЕР-2». Полученные результаты показали, что неразбавленная вытяжка представляет собой высоко токсичную среду с индексом токсичности равным T=0,91, при разбавлении в отношениях 1:10 и 1:100 наблюдается умеренная токсичность с индексами токсичности T=0,66 и T=0,46 соответственно.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что литейные отходы производства серебряных изделий представляют собой опасность для окружающей среды и требуют дальнейшей утилизации. В качестве метода обеззараживания предлагается обработка массо-формы водным раствором азотистой кислоты HNO_2 (pH = 4), в результате чего алифатические амины будут восстанавливаться до первичных спиртов и молекулярного азота, а цианат-ион при реакции с водой образовывать карбонат-ион и ион аммония.

Список литературы:

1. Глиняная Н.М. Охрана окружающей среды от выбросов литейного производства: методические указания для студентов специальностей ЛП, ОЛП / сост. Н. М. Глиняная. — Краматорск: ДГМА, 2012. — 60 с.

2. Батоева А.А. Каталитическое окисление серосодержащих соединений /А.А. Батоева, Б.А. Цыбикова, С.Л. Будаев / Вестник Бурятского гос. ун-та, 2011. № 3. — С. 59-65.

Фильтр с полиоксомолибден-кремнеземной мембраной для очистки воды от микроорганизмов

Д. С. Шевченко[1], Т. А. Цыганова[2], О. В. Рахимова

[1]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

[2]ИХС РАН

Вода является одним из важнейших ресурсов планеты, однако не все ее источники являются пригодными для питья или использования в бытовых нуждах. Водным путем передаются различные заболевания такие как: холера, брюшной тиф, амебная и бактериальная дизентерия и др. Борьба с распространением заболеваний передающихся водным путем, а также необходимость фильтрации воды от механических загрязнений, стали основной причиной развития методов фильтрации и консервации воды. Однако результаты последних исследований указывают, что рост онкологических и сердечнососудистых

заболеваний является следствием обеззараживания воды с использованием процедуры хлорирования [1]. Эти обстоятельства обуславливают поиск альтернативных, более безопасных для человека, методов обеззараживания воды.

В настоящее время самыми эффективными фильтрами для водоподготовки являются мембранные фильтры осмотического действия. Нами была разработана дисковая мембрана, представляющая собой композиционный материал, матрицей для создания которого стало пористое стекло (ПС), полученное путем выщелачивания в растворе 3 М соляной кислоты HCl двухфазного натриевоборосиликатного стекла (ЩБС) исходного состава 96.6 SiO_2 3.20 B_2O_3 0.2 Na_2O (мол. %). Подобные высокремнеземные ПС химически и биологически инертны, обладают хорошей продольной упругостью (модуль Юнга = 23,9 ГПа) и имеют поверхность, легко поддающуюся модификации. Далее матрица обрабатывалась в течение месяца водным раствором молибдата аммония в кислой среде при значении водородного показателя pH = 1,2. По данным электронной микроскопии (электронный микроскоп Hitachi S-570 с элементным анализом Bruker Quantax 200 with DX system) было установлено, что хемосорбция кремнемолибденового гетерополианиона, происходит как на поверхности матрицы, так и внутри пор. Структурные характеристики полученного композита по сравнению с исходной матрицей изменились следующим образом: увеличение удельного объема пор с 0,157 до 0,232 $см^3/г$; увеличение общей пористости образца с 26,2 до 34,4%; увеличение среднего диаметра пор с 4,6 до 7,9 нм [2].

Антимикробная активность мембраны изучалась в отношении к грибу рода *Candida*, вида *Candida albicans* в лаборатории бактериологии Российского НИИ гематологии и трансфузиологии ФМБА России. Данные теста показали высокую биоактивность полученного композита, что подтверждалось полной гибелью колоний гриба рода *Candida* по сравнению с контрольным образцом матрицы, а также наличием зоны подавления роста колоний *Candida albicans* в агар-агаре примерно 3 мм от образца мембраны.

За конструкционную основу по созданию фильтра с полиоксомолибденкремнеземной мембраны был взят фильтр Шотта. Схема сборки представлена на рисунке 1.

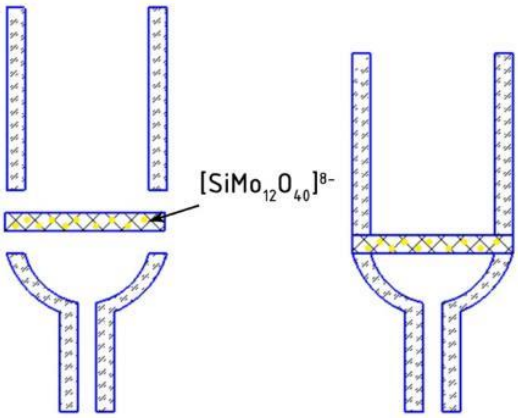


Рис. 1. Схема сборки фильтра

В заключение следует отметить, что основное отличие созданного нами мембранного фильтра от аналогичных заключается в наличие биоактивного компонента в его порах, что должно препятствовать росту колоний бактерий и грибов в поровом пространстве.

Список литературы:

1. Воейков В.Л., Асфарамов Р.Р., Розенталь В.М. Экополис 2000: Экология и устойчивое развитие города // Мат. III Междунар. конф. — М.: Изд-во РАМН, 2000. — С. 226–230.

2. Т.А. Цыганова, В.А. Баянов, Д.С. Шевченко, О.В. Рахимова. Взаимодействие пористых стекол с раствором молибдата аммония в кислой среде // Физика и Химия стекла, Т. 42, № 4. — 2016. — С. 581-584.

Разработка портативного устройства для светолечения

В.П. Щеголихина, О.Е. Карякина

ФГАОУ ВО Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Комплексное воздействие природно-географических факторов на жителей северных регионов, в т.ч. Архангельской области обуславливает значительно более высокий уровень распространенности ЛОР заболеваний в сравнении с населением центрально-европейской и южной части России, что обусловлено совокупностью факторов.

Неотъемлемой частью не только стационарной, но и амбулаторной терапии при лечении ЛОР заболеваний является физиотерапия. Однако проведение физиотерапевтических процедур в поликлинических условиях в большин-

стве случаев сопряжено с трудностью совмещения режима дня пациента и графика приёма специалистов [1]. В связи с этим широкое распространение получило приобретение пациентами физиотерапевтических аппаратов для домашнего использования. Наиболее простым, безопасным и эффективным методом домашней физиотерапии является светолечение. Биологический эффект светоили фототерапии заключается в том, что оптическое излучение узкого диапазона длин волн имеет способность изменять клеточное поведение, что позволяет наблюдать различные положительные эффекты на биохимическом, гистологическом и функциональном уровнях [2].

На основании вышеизложенного, разработка портативного устройства для светолечения инфракрасного и красного диапазона излучения является актуальной. Предварительно был произведен патентный поиск устройств для светолечения. За прототип был принят прибор «Дюна-Т» (Патент РФ № 2090224 на изобретение «Физиотерапевтический аппарат», патент № 44530 на промышленный образец «Аппарат физиотерапевтический для облучения световыми и/или инфракрасными лучами»). Прибор для светолечения «Дюна-Т» обладает следующими характеристиками: напряжение питания 220 В, площадь воздействия не менее 10 $см^2$, суммарная плотность мощности излучения не более 2,0 $мВт/см^2$, длина волны красного диапазона — 633 нм, инфракрасного — 840 нм, габаритные размеры — 17 × 6 × 4 см, вес прибора — 200 г.

На втором этапе было составлено техническое задание на разработку портативного устройства для светолечения. Устройство включает в себя следующие блоки: блок питания на 4,5 В, блок генерации оптических импульсов — представлен мультивибраторами, генерирующими импульсы на транзисторы, блок усиления сигнала на транзисторах, излучатель — представлен 3 инфракрасными и 3 красными светодиодами.

Электрическая схема построена на базе микросхемы К561ЛН2 с логической функцией отрицания и включает в себя 2 мультивибратора, которые формируют электрические импульсы прямоугольной формы с периодом 15 мс и 1200 мс соответственно. Высокочастотные импульсы, сформированные первым мультивибратором, подаются на базы транзисторов. Сигналы со второго мультивибратора проходят через инверторы микросхем, включенные в эмиттерную цепь транзистора параллельно, благодаря чему выходной ток увеличивается вдвое. Управление светодиодами в таком случае осуществляется только в половину периода (600 мс) второго генератора. В результате формируются

пачки импульсов, которые поступают на светоизлучатель, оказывающий физиотерапевтическое воздействие на ткани организма.

Разработанное устройство для светолечения обладает следующими значениями технических характеристик: напряжение питания 4,5 В, площадь воздействия не менее 4,5 $см^2$, суммарная плотность мощности излучения не более 1,3 $мВт/см^2$, длина волны красного диапазона — 655 нм, инфракрасного — 953 нм, вес — 100 г, габаритные размеры — 16 × 7 × 4 см. Конструкция разработанного устройства была размещена в пластиковом корпусе изделия медицинского назначения для массажа. Себестоимость разработки составила 474 рубля.

Таким образом, нами было разработано портативное устройство для проведения индивидуальных процедур фототерапии, основными преимуществами которого являются независимость от электрической сети, улучшенные массогабаритные характеристики, низкая себестоимость, мобильность и безопасность применения.

Список литературы:

1. Деларю Н. В., Прочная Е. Л., Гаврильчук А. В. Применение в домашних условиях аппаратуры для физиотерапии детей раннего возраста // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. — 2011. № 3. — С. 39.

2. Электронные системы для светолечения отозаболеваний [Электронный ресурс]. URL.: http://biofbe.esrae.ru/pdf/2012/2/892.pdf.

ЭЛЕКТРОНИКА И ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ

Нагревание подложки при распылении горячей титановой мишени в среде аргона

Е. И. Беляев, Д. С. Денисов, Е. А. Минжулина, В. В. Смирнов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

В последнее время большое внимание привлекает высокомощное магнетронное распыление и происходящие при этом физические процессы [1], [2]. Одним из таких методов является магнетронное распыление горячей мишени, сопровождаемое увеличением температуры мишени, вплоть до плавления [3]. При применении данного метода осаждаемое вещество формируется не только за счет физического распыления, но и интенсивного испарения материала мишени. Кроме этого может возникнуть термоэлектронная эмиссия и измениться коэффициент распыления и γ-эмиссии.

В данной работе была исследована кинетика нагревания подложки при магнетронном распылении горячей титановой мишени. Эксперименты были выполнены на вакуумной установке, оснащенной плоским магнетроном диаметром 160 мм, работающим на постоянном токе. Титановая мишень толщиною 1 мм была закреплена с зазором 1 мм на медной плате, охлаждаемой водой. Остаточное давление в камере не превышало $2 \cdot 10^{-5}$ Па. Распыление проводили в среде аргона при давлении p = 5 мТорр и плотности тока J = 250–500 А/м^2. Для изучения тепловых процессов на подложках использовался термопарный датчик. Его чувствительным элементом служила медная пластинка 10×10 мм^2 и толщиною 1 мм. Пластинка закреплялась на спае термопары с диаметром проводников 0.3 мм. Длина проводников термопары равна 500 мм, концы которых закреплялись на медном стержне длиной 100 мм и диаметром 15 мм. В каждом эксперименте при постоянном значении давления p изменяли значение тока J, при этом было выполнено измерение температуры чувствительного элемента с шагом в 15 секунд при работающем магнетроне. Погрешность эксперимента была не более 5%.

На рис. 1 показаны типичные экспериментальные кривые. Их особенностью является наличие точки перегиба. Эта точка разделяет временную область на два участка.

На первом участке функцию $T(t)$ с высокой достоверностью описывает экспонента

$$T(t) \approx A[\exp(\alpha t) - 1], \qquad (1)$$

первая производная которой dT/dt возрастает. В (1) буквами A и α обозначены параметры модели.

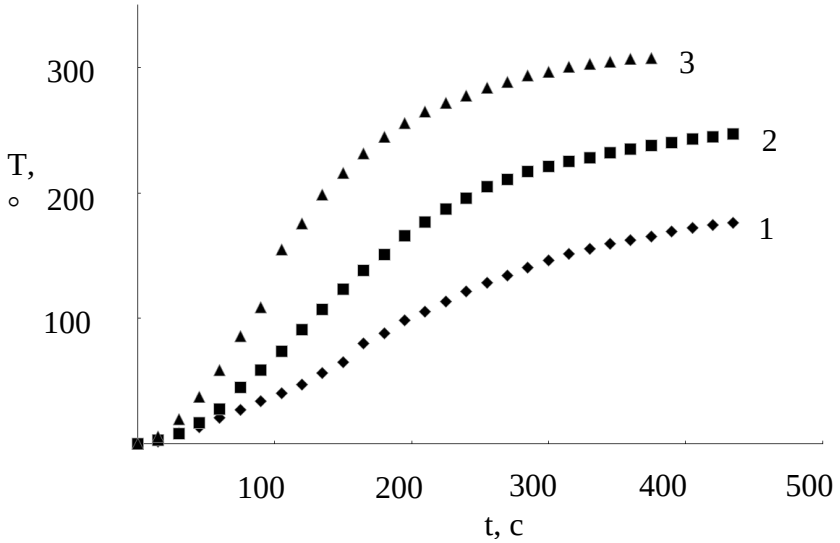


Рис.1. Нагревание подложки при распылении горячей титановой мишени в среде аргона при давлении 5 мТорр: 1 – 250 А/м², 2 – 425 А/м², 3 – 500 А/м²

На втором участке зависимости на рис. 1 с высокой достоверностью описывают экспонентой другого вида:

$$T(t) \approx T_{s\infty}[1 - \exp(-\alpha_s t)] \qquad (2)$$

где $T_{s\infty}$ — предельная температура нагревания подложки; α_s — скорость роста температуры подложки. Первая производная от (2) с течением времени уменьшается.

Результаты данной работы могут быть использованы при напылении многофункциональных пленочных покрытий.

Исследование проводится при поддержке РНФ (грант 15-19-00076).

Список литературы:

1. Шаповалов В.И. // Физика и химия стекла. 2010. Т. 36. № 2. С. 148–193 (Shapovalov V.I. // Glass Phys. Chem. 2010. V. 36. N 2. — P. 121–157.

2. Левицкий В.С., Шаповалов В.И., Комлев А.Е. и др. // Письма ЖТФ. 2015. Т. 85, Вып. 22. С. 55–60 (Levitskii V.S., Shapovalov V.I., Komlev A.E. et al. // Techn. Phys. Lett. 2015. V. 41. — P. 1094–1096.

3. Thornton J.A. // Thin Solid Films. 1978. V. 54. — P. 23–31.

Лазеры на основе коллоидных квантовых точек халькогенидов металлов

П. О. Борисов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Интерес исследователей к использованию коллоидных квантовых точек (ККТ) в лазерах в качестве активной среды постоянно развивается. Наиболее перспективными материалами являются халькогениды: селенид кадмия (CdSe), сульфид кадмия (CdS), сульфид цинка (ZnS) [1-2].

Основные преимущества данных структур:

1) возможность посредством изменения размеров частиц изменять ширину запрещенной зоны, что позволит создавать лазеры с излучением на любых длинах волн;
2) малые габариты;
3) возможность устанавливать нужный спектр поглощения;
4) температурная стабильность.

Указанные преимущества позволят создавать лазеры с регулируемыми характеристиками, в том числе, с перестраиваемой длиной волны, при том, что габариты устройства могут быть достаточно небольшими. Это дает возможность использовать лазеры на ККТ в различных областях: медицина, научные исследования, электронная техника.

Генерация излучения в рассматриваемых системах может быть получена [3] при использовании нанесенных на дифракционную решетку тонких пленок толщиной 155 нм из квантовых точек на основе ядер CdSe в оболочке из ZnS, смешанных с порошковым полиметилметакрилатом (ПММА) в определенных условиях для получения более тонких пленок. Люминесценция таких пленок имеет пик при длине волны 590 нм. Накачка пленок осуществляется импульсным УФ лазером с длиной волны 355 нм, временем импульса 5 нс и частотой 10 Гц. Полученная коллимированная полоса длиной 2,9 мм и шириной 0,3 мм поступала на 50 мкм сердечник оптического волокна, подключенный к ПЗС-спектрометру. Край фотолюминесценции из-за реабсорбционных эффектов может быть сдвинут в сторону инфракрасного диапазона до 20 нм. Квантовый выход фотолюминесценции материала равен 15%. Для использованных ККТ типа ядро/оболочка характерно усиленное спонтанное излучение, пик которого находится в области 611 нм с полушириной 4,4 нм.

Интересно, что соотношение КТТ/ПММА влияет на длину волны и порог усиления. Например, если для описанных выше пленок КТТ/ПММА 50мг/л /1,6 мг/л пик излучения находится на длине волны 611 нм, то для 50 мг/л /16 мг/л пик излучения сместится в сторону уменьшения длины волны (~600 нм), а порог усиления будет в 3 раза больше, что объясняется различием объемной доли активного вещества, а, следовательно, и количеством явлений реабсорбции [4].

Наибольшая трудность в создании лазеров на основе коллоидных квантовых точек в большей степени заключается в возможности создания тонкопленочного материала без дефектов. Дефектами могут быть разрывы связей на поверхности и рекомбинационные ловушки. Вследствие этого увеличивается вероятность безызлучательных переходов. Поэтому ведутся исследования в сторону смешивания КТТ с другими материалами. Также точки, находящиеся в коллоидном растворе, имеют расхождения в размере. Оптическое усиление зависит от вынужденных излучательных переходов, число которых увеличивается в зависимости от увеличения концентрации коллоидных квантовых точек в образце.

Список литературы:

1. Александрова О.А., Максимов А.И., Мараева Е.В., Матюшкин Л.Б., Мошников В.А., Мусихин С.Ф., Тарасов С.А. Синтез и самоорганизация квантовых точек сульфида свинца для люминесцентных структур, полученных методом испарения коллоидного раствора // Нано- и микросистемная техника, 2013. №2. — С. 19-23.

2. Тарасов С.А., Александрова О.А., Максимов А.И., Мараева Е.В., Матюшкин Л.Б., Менькович Е.А., Мошников В.А., Мусихин С.Ф. Исследование процессов самоорганизации квантовых точек сульфида свинца // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2013. № 3. — С. 28-32.

3. Nanosecond colloidal quantum dot lasers for sensing [Электронный ресурс]: B. Guilhabert, C. Foucher, A-M. Haughey, E. Mutlugun,Y. Gao, J. Herrnsdorf, H.D. Sun, H.V. Demir, M.D. Dawson and N. Laurand/ Optics express — Электрон. Текстовые дан. — Optics express 24 Mar 2014 — режим доступа: http://web2.bilkent.edu.tr/wp-content/uploads/sites/28/2016/03/OpEx2_2014_HVD.pdf

4. Nanocrystal Quantum Dots From fundamental photophysics to multicolor lasing [Электронный ресурс]: Victor I. Klimov/ Los Alamos Science — Электрон. текстовые дан. –Los Alamos Science Number 28 2003 — режим доступа: http://fas.org/sgp/other-gov/doe/lanl/pubs/las28/klimov.pdf

Лазер с генерацией третьей гармоники на основе системы YAG: Nd^{3+}-KTP/LBO

А. М. Васюков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

С появлением лазерной техники в науке появилось новое направление «Нелинейная оптика». Под действием пучка света высокой интенсивности (в современных лазерах $I \approx 10^{20}$ Вт/м) в среде, в которой он распространяется, наблюдаются нелинейные оптические явления. Генерация высших оптических гармоник (второй, третьей и т. д.) является признаком нелинейных отклонений в среде. Эксимерные лазеры являются отличным источником УФ-излучения. Однако, из-за сложности конструкции, быстрого износа и дороговизны предпочтительнее использовать нелинейное преобразование частоты твердотельных лазеров. Самым важным таким преобразованием является удвоение или утроение частоты лазера на YAG: Nd^{3+} (1064 нм).

Для эффективного преобразования частот лазера на YAG: Nd^{3+} необходимо ознакомиться с методикой генерации высших гармоник, а также определить условия, при которых данная генерация возможна.

Лазер, способный генерировать третью гармонику, был выполнен на основе YAG: Nd^{3+}. Для накачки применялся лазерный диод с длиной волны излучения 808 нм. В результате кристалл YAG: Nd^{3+} излучал на длине волны 1064 нм. Далее излучение проходило через нелинейный кристалл KTP, в котором происходит удвоение основной частоты, т.е. генерируется вторая гармоника (532 нм). Для генерации третьей гармоники (354 нм) используется другой нелинейный кристалл — LBO.

Объяснением процесса генерации второй гармоники может служить тот факт, что поляризация материала зависит от электрического поля световой волны:

$$P = \varepsilon_0(\chi^{(1)}E + \chi^{(2)}E^2 + \chi^{(3)}E^3 + ... + \chi^{(m)}E^m + ...)$$

Начиная со второго слагаемого данного материального уравнения в среде проявляются нелинейные эффекты. Второй член уравнения ответственен за генерацию второй гармоники:

$$P^{(2)} = \chi^{(2)}\varepsilon_0 E^2 = \chi\alpha E_0^2 \cos^2(\omega t - kx) = \frac{1}{2}\chi^{(2)}\varepsilon_0 E_0^2 - \frac{1}{2}\chi^{(2)}\varepsilon_0 E_0^2 \cos 2(\omega t - kx),$$

где $E = E_0 \cos(\omega t - kx)$ — напряженность электрического поля световой волны.

Соответственно, третье слагаемое ответственно за генерацию третьей гармоники.

При выборе нелинейного кристалла, необходимо учитывать его оптическую прочность. Под действием высокоинтенсивного потока излучения исходный кристалл деформируется, что ведет к искажениям распространения лазерного луча. В дополнение к этому для успешной генерации гармоник должно выполняться условие фазового синхронизма, при котором фазовая скорость основной волны должна быть равна фазовой скорости генерируемой волны. Данное условие можно записать как:

$$\upsilon_\omega = \upsilon_{2\omega} \rightarrow \frac{2\omega}{2k_\omega} = \frac{4\omega}{2k_{2\omega}} \rightarrow k_\omega = k_{2\omega}$$

Учитывая все выше сказанное, была создана рабочая установка по генерации гармоник высокого порядка, включавшая в себя: полупроводниковый лазер 808 нм, лазера на YAG: Nd^{3+} (1064 нм), нелинейный кристалл KTP (для генерации второй гармоники), нелинейный кристалл LBO (для генерации третьей гармоники), а также оптический фильтр, для выделения необходимого излучения (например, 532 нм или 354 нм). Детектирование излучения производилось при помощи фотодиода, для анализа спектров использовался спектрометр HR4000 компании Ocean Opticts. В настоящее время ведется работа по увеличению мощности генерации гармоник второго и третьего порядка.

Список литературы:

1. Беспрозванных, В.Г. Нелинейная оптика: учеб. пособие/В.Г. Беспрозванных, В.П. Первадчук. — Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. — 200 с.

2. Звелто О. Принципы лазеров / О. Звелто; пер. с англ. Е.В. Сорокина и К.Ф. Шипилова, под ред. Т.А. Шмаонова— 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Мир, 1990. — 560 с.

3. Качмарек Ф. Введение в физику лазеров. / Ф. Качмарек; пер. с польск. В.Д. Новикова, под ред. М.Ф. Бухенского. — М.: Мир, 1980. — 540 с.

Разработка модуля наведения опорно-поворотного устройства

В. К. Веселов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Целью данной работы является разработка системы наведения опорно-поворотного устройства. Система совместно с опорно-поворотным устройством предназначена для обеспечения стабильной работы канала связи с беспилотным летательным аппаратом [1] — [2]. При отклонении опорно-поворотного устройства менее чем на градус происходит разрыв канала связи. В систему входят модуль наведения и модуль управления опорно-поворотным устройством. Разработано программное обеспечение для компонентов в составе системы [3]. Модуль наведения на базе микроконтроллера предназначен для определения текущего положения и высоты беспилотного летательного аппарата, а также передачи информации через высокоскоростной цифровой канал связи на модуль наведения. Модуль наведения предназначен для приема информации, определения собственного местоположения и управления опорно-поворотным устройством [4].

Таким образом система позволяет вести слежение за подвижным объектом и обеспечивает стабильную работу цифрового канала связи между беспилотным летательным аппаратом и наземной установкой.

Список литературы:

1. Neganov V., Kluev D., Tabakov D. Microwave devices and antennas: Design, constructive implementation, examples of the application of microwave devices // Radio-electronic systems and complexes. 2017, vol. (№) 5. — P. 34-112.

2. Voskresensky D. Microwave devices and antennas // Radio-electronic systems and complexes. 2016, vol (№) 5. — P. 118-206.

3. Andrew T., David W. Computer Networks // Classic of computer science. 2017, vol. (№) 5. — P. 574-580.

4. Jeremy B. Tools and Techniques for Engineering Wizardry // Radio Technology. 2016, vol (№) 1. — P. 25-323.

Разработка устройства для опрделения концентрации моющих средств в жидкости

Д. Г. Грибков, И. А. Селиванова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Большинство людей, использующих стиральную машину, добавляют в выдвижной лоток моющее средство «на глаз». Однако, при избытке средства ваша одежда будет в мыльных разводах, а также может ощущаться неприятный запах после стирки. Это связано с тем, что на каждый цикл стирки машина-автомат использует определенный объем воды. И при условии излишка моющего средства ее может просто не хватить для того, чтобы качественно все прополоскать. Таким образом, вам придется ставить еще один цикл стирки или хотя бы дополнительное полоскание. Чтобы этого избежать, ведется разработка устройства для определения концентрации жидких моющих средств.

Принцип работы данного устройства заключается в пропускании переменного электрического тока через воду с растворенным в ней моющим средством. При разных концентрациях вода имеет разное сопротивление, изменяются амплитуда и сдвиг по фазе между выходным и входным сигналами. Это позволяет по соотношению этих сигналов судить о концентрации моющего средства.

Для оценки работоспособности прибора был разработан и собран простой прототип. Он представляет собой два алюминиевых электрода, подключенных к генератору и опускаемых в жидкость. Так как вода довольно агрессивная среда, использование такого прибора в качестве полноценного устройства нецелесообразно. С помощью этого прототипа был проведен эксперимент с тремя моющими средствами: «Тайд», «Лоск» и «Ласка». Полученные результаты подтверждают теорию и возможность создания датчика, работающего по вышесказанным принципам.

Далее был собран второй прототип, исключающий непосредственный контакт жидкости с электродами, а значит коррозию и разрушение металла в агрессивной среде. Он состоит из тонкой диэлектрической трубки, которую обхватывают два медных электрода. Так как прибор работает на довольно высокой частоте, емкостных связей достаточно для протекания тока через эту конструкцию. Также были собраны два высокочастотных операционных усилителя, чтобы убрать воздействие входного сигнала на выходной и точнее

фиксировать изменения амплитуды и сдвига по фазе.

Длинные провода питания и генератора вместе с емкостями трубки образуют L-C цепочки, которые принимают различные радиосигналы, подающиеся на вход операционного усилителя, и увеличивают шумы в несколько раз. Чтобы избавится от этого эффекта вся установка находится в изолирующем заземленном контейнере (коробка, обмотанная фольгированным скотчем).

Структурная схема установки выглядит следующим образом: сигнал с генератора поступает на один из электродов, который благодаря емкостным связям передает сигнал второму. Входной и выходной сигналы усиливаются и считываются осциллографом. Амплитуда синусоидального сигнала 0.25 В, питание усилителей 5 В.

На данный момент был проведен поиск рабочей частоты, на которой возможна нормальная работа устройства. Приемлемые результаты наблюдаются в диапазоне от 100 кГц до 1 МГц. При превышении 1 МГц падает амплитуда как входного, так и выходного сигналов, а на низких частотах реактивное сопротивление емкостных элементов схемы велико, и выходной сигнал очень мал.

Разработка устройства продолжается, проводятся эксперименты с различными моющими средствами и различными концентрациями.

Список литературы:

1. Аналоговая схемотехника: метод. указания по проведению лаб. занятий. — СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015.

2. Ruhim.ru. Информационно-новостной портал о бытовой химии. // Жидкие моющие средства. Средства для стирки. URL: http://ruhim.ru/test/test_licv.htm (дата обращения: 21.02.2017)

3. Труевцева О. А., Архалова В. В., Примаченко Б. М. Исследование и сравнительный анализ показателя качества стиральных порошков разных торговых марок // Технико-технологические проблемы сервиса. 2014, вып. № 2 (28).

4. Берзан В. П., Анисимов В. К. О физико-энергетических процессах при электролитическом разложении воды. // Проблемы региональной энергетики. — 2006, вып. № 1.

Получение листовых композиционных радиопоглощающих материалов для обеспечения электромагнитной совместимости компонентов электронной техники

С. С. Гурьянов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), ОАО «Завод Магнетон»

При создании современных электронных приборов существенное значение имеет обеспечение электронной совместимости компонентов [1]. В качестве листовых радиопоглощающих материалов (РПМ) в настоящее время для этих целей используются материалы импортного производства. Наибольшее распространение получила продукция американских компаний ETS-Lingren и Cuming Microwave. В связи с этим в задачу нашей работы входили разработка и создание отечественных изделий со свойствами, не уступающими зарубежным аналогам, но и обладающими дополнительными преимуществами. К ним относится защита не только от электромагнитного излучения, но и уменьшение акустической заметности объектов, а также снижение плотности и повышение удельной прочности.

Анализ имеющихся данных, в частности результатов, полученных в ОАО «Завод Магнетон», показывает, что создание многослойных ферритовых материалов с наличием специально созданной пористости в отдельных слоях повышает их эффективность [2].

Было предложено обеспечивать пористость за счет добавления стеклянных и угольных микросфер в композиционные магнитные материалы. В качестве исходных материалов использовались ферриты различных марок и карбонильное железо, а в качестве связующего — хлорированный полиэтилен. В состав смеси также входили необходимые модификаторы и стабилизаторы.

В практической части работы ферритовые наполнители — порошки, измельчались на вибрационной конусной дробилке ВКМД-10 и фракционировались с использованием метода воздушной классификации на установке «Гольф-2». Полученные данные анализировались с помощью метода лазерной гранулометрии. После этого готовилась смесь порошков с необходимым гранулометрическим составом наполнителей. Листовые изделия были получены методом каландрования. В ходе работы были получены листовые поглотители электромагнитных волн (рис.1).

Рис.1. Пример листового поглотителя

В результате проведенных исследований было изучено влияние соотношения компонентов и толщины листа на поглощающие свойства. Эксперименты подтвердили высказанные выше предположения о повышении коэффициента поглощения за счет создания многослойных материалов с разной плотностью слоев. В частности, коэффициент поглощения изделия толщиной 2 мм, содержащего слои разной плотности, имеет показатель поглощения примерно в 2 раза выше в сравнении с однослойным образцом.

Уровень поглощающих и отражающих характеристик испытывался рупорным методом на установке, структурная схема которой изображена на рис. 2.

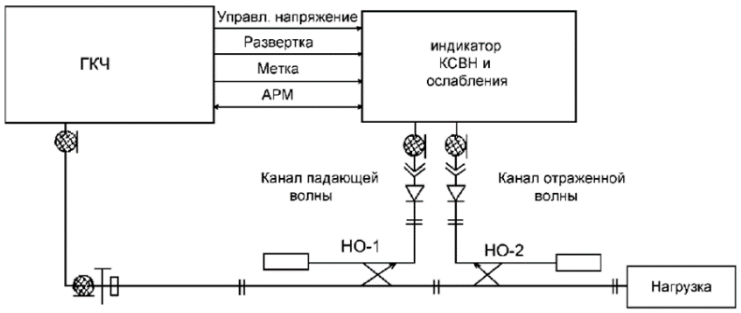


Рис.2. Структурная схема установки

Автор выражает благодарность руководителю данной работы к.т.н. доц. Голубкову А. Г., а также научному руководителю к.т.н. Гарееву К. Г.

Список литературы:

1. Латыпова А. Ф., Калинин Ю. Е. Анализ перспективных радиопоглощающих материалов // Вестник ВГТУ. 2012. №6. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-perspektivnyh-radiopogloschayuschih-materialov (дата обращения: 13.12.2016).

2. В. Н. Горшенев, В. В. Колесов, А. С. Фионов, Н. С. Эрихман Многослойные покрытия с изменяемыми электродинамическими характеристиками на основе наполненных полимерных матриц // Журнал радиотехники института радиотехники и электроники имени В. А. Котельникова РАН. 2016. №11. URL: http://jre.cplire.ru/jre/nov16/14/text.pdf (дата обращения: 24.01.2017).

Неразрушающая диагностика микроконтроллера для обеспечения информационной безопасности

А. К. Денисов[1], К. К. Кондрашов[2]

[1]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

[2]Центр микротехнологии и диагностики (ЦМИД)

Микропроцессорные системы являются важной частью современной электроники. Область их применения очень широка и включает в себя практически все существующие электронные приборы любого назначения. При увеличении количества данных, обрабатываемых и хранящихся в электронном виде, а также с учетом важности сохранения военной или коммерческой тайны и интеллектуальной собственности, возрастает роль диагностики компонентов электронной техники для обеспечения информационной безопасности [1].

Методы анализа по своему воздействию на исследуемое устройство в основном делятся на две большие группы: неагрессивные (неразрушающие) и агрессивные. Чаще всего защита от агрессивных методов предусматривается производителем, поэтому в настоящее время широко востребованы неразрушающие методы анализа микросхем [2]. Среди них выделяется анализ по побочным каналам (sidechannel) — способ извлечения информации из дополнительных параметров, таких как время выполнения операций, потребляемая мощность, электромагнитное излучение, издаваемые звуки и т. п. [1, 2]. В электронных устройствах обычно применяются схемы, не имеющие защиты от неразрушающей диагностики по побочным каналам.

Подобный анализ микропроцессорных систем дает возможность получить сведения об информации, хранящейся в энергонезависимой памяти, что, в свою очередь, открывает дорогу к восстановлению фрагментов программного кода, извлечению паролей и т. п. Данная уязвимость наиболее опасна для техники специального назначения и техники, обеспечивающей контроль ответственных процессов.

В зависимости от требований, предъявляемых к информационной безопасности прибора, целью исследований может быть, как обнаружение уязвимости микроконтроллеров к атакам и выработка рекомендаций для их устранения, так и проверка исполняемого кода на наличие недокументированных функций. Так как такие методы анализа основаны на работе с информацией,

представленной в неявном виде (фрагменты осциллограмм), для работы необходимо создание обширных библиотек зависимостей параметров детектируемых электрических сигналов от вида информации и адреса ее хранения. На сегодняшний день первоочередной задачей является разработка методов автоматизации диагностических процедур на всех этапах, что в перспективе позволит значительно снизить затраты времени на проведение анализа [1].

В данной работе рассматривается возможность диагностики энергонезависимой памяти микроконтроллера Renesas на основании сигнала, снимаемого осциллографом с шины питания микроконтроллера или с разъема питания прибора. Амплитудные и временные характеристики колебаний (частота, характер распределения импульсов и т. д.), возникающих при выполнении известной элементарной операции (например, операции считывания из памяти), содержат информацию об адресе ячейки памяти и данных, которые по этому адресу хранятся. Первоочередной задачей данной работы является оценка уязвимости устройства и определение возможности его использования в системах, критичных к получению доступа к флэш-памяти.

По результатам, полученным на основе исследований с помощью простого анализа энергопотребления, обнаружена уязвимость микроконтроллера к возможной попытке считывания флэш-памяти по побочным каналам. В ходе дальнейших исследований с помощью дифференциального анализа энергопотребления планируется оценить вероятность полного восстановления данных области флэш-памяти при атаке по побочным каналам [1, 3].

Список литературы:

1. Кондрашов К. К., Ершов М. И., Гасников А. О. Современное состояние диагностики микропроцессорных систем по нетрадиционным побочным каналам. — Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. Вып. 3. — С. 3–9.

2. Чжоу Ю., Фэн Д. [Zhou Y., Feng D.] Side-Channel Attacks: Ten Years After Its Publication and the Impacts on Cryptographic Module Security Testing. – Proc. of NIST Physical Security Testing Workshop, Honolulu, Sept. 26–29, 2005 [Электронный ресурс] // Cryptology ePrint Archive. 2005. Report 2005/388. URL: http://eprint.iacr.org/2005/388 (дата обращения: 10.01.2017).

3. Кочер П., Джаффе Д., Джун В., Рохатхи П. [Kocher P., Jaffe J., Jun B., Rohatgi P.] Introduction to differential power analysis / Journal of Cryptographic Engineering. — 2011. Т. 1, Вып. 1. — С. 5–27.

Фоточувствительный прибор с зарядовой связью с электронным умножением

В.С. Дюмин[1], М.В. Четвергов[2]

[1] Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

[2] ЗАО «НПП «ЭЛАР»

Развитие фотоприемников сопровождается постоянным повышением требований к их чувствительности. Результатом совершенствования фоточувствительных приборов с зарядовой связью (ФПЗС) оптического изображения, стало создание фоточувствительных матриц с электронным умножением — electron multiplying CCD (EMCCD), способных работать при чрезвычайно низких уровнях освещенности порядка 10^{-4} — 10^{-5} люкса [1].

Данные матрицы обладают лучшими в мире характеристиками по чувствительности при максимальной квантовой эффективности и востребованы в областях, где необходима регистрация крайне малых зарядовых пакетов или малое время экспозиции.

Основным фактором, ограничивающим использование стандартных ФПЗС-матриц в качестве детекторов малых зарядовых пакетов, является шум считывания. В EMCCD сигнальные заряды еще до процесса считывания выходным устройством умножаются за счет лавинных процессов в дополнительном сдвиговом регистре — регистре умножения. Следовательно, шум считывания перестает играть доминирующую роль, что позволяет увеличить соотношение сигнал-шум при низких уровнях освещенности. При этом предельная чувствительность таких матричных приемников ограничивается собственными шумами потока фотонов, которые неизбежны и следуют из квантовой природы света.

В данной работе были рассмотрены особенности и принципы формирования изображения в EMCCD, для конкретного типа EMCCD, изготавливаемого на ЗАО «НПП «ЭЛАР», рассчитаны отношения сигнал-шум при детектировании малых зарядовых пакетов. Также были построены зависимости для коэффициента умножения системы при разном количестве каскадов умножений, серия зависимостей для отношения сигнал-шум от темнового тока, от сигнального заряда, от коэффициента умножения. Показано, что шум-фактор, отвечающий за добавочные шумы при использовании умножающего регистра,

стремится к $\sqrt{2}$ при увеличении шагов умножения. Показана возможность извлечения информационного содержания изображений при малом числе падающих фотонов на элемент изображения, а также доказана целесообразность использования EMCCD.

Список литературы:

1. Казначеев, С.А. Разработка телевизионного приемника, использующего эффект внутреннего электронного умножения для повышения эффективности регистрации и исследований малофотонных изображений: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. технических наук (05.11.07) / Казначеев С.А.; Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»). — Москва, 2015. — 20 с.

Органические светоизлучающие структуры, содержащие массивы коллоидных квантовых точек селенида кадмия

М. А. Еремеев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Коллоидные квантовые точки (ККТ) — это стремительно развивающийся материал электроники, с помощью которого можно создавать легкие и гибкие светоизлучающие устройства на основе органических тонкопленочных слоев. Стоимость таких устройств приемлема, а эффективность достаточно высока по сравнению со структурами, не включающих в себя ККТ [1]. Органические светодиоды (OLED) являются одним из основных направлений применения ККТ ввиду возможности получения экранов с низким энергопотреблением, высокой скоростью работы, а также интенсивной и насыщенной цветопередачей.

Структура органического светоизлучающего диода представляет собой систему, состоящую из тонких слоев, расположенных между двумя электродами, один из которых делается прозрачным с целью вывода излучения через подложку. Типичная структура состоит из подложки, выполняющей функции анодного контакта, двух тонких слоев органических соединений, которые подбираются таким образом, чтобы работать в качестве транспортных слоев для дырок и электронов соответственно, а также катодного контакта; более сложные устройства содержат большее количество слоев [2]. Коллоидные квантовые точки, внедренные в структуру слоев, позволяют повысить эффективность люминесценции благодаря излучательной рекомбинации экситонов и дают

возможность управлять свойствами излучения OLED по причине зависимости спектра излучения от структуры ККТ, их состава и размеров [3].

В работе по созданию светоизлучающих структур на основе органических слоев были испробованы различные комбинации материалов и технологии их нанесения. Структуры содержали в себе дырочный транспортный слой, в качестве которых выступали TPD (N,N'-бис(3-метилфенил)-N,N'-дифенилбензидин) и PEDOT:PSS (поли(3,4-этилендиокситиофен)-поли(стиролсульфонат)), и электронный транспортный слой Alq3 (трис-(8-гидроксихинолин)алюминия), расположенные между алюминиевым анодом и прозрачным катодом из ITO (оксид индия-олова). Создание OLED-структур производилось методами вакуумного термического испарения и центрифугирования из раствора. Вакуумное термическое испарение осуществлялось при помощи установки ВУП-4 поочередным нанесением тонких слоев на стеклянные подложки с помощью специальных масок. Центрифугирование также производилось на стеклянных подложках путем смачивания последней раствором нужного материала и раскручивания со скоростью от 1000 до 10000 оборотов в минуту. Оптические и электрические свойства слоев и структур были изучены с помощью спектрометров быстрого сканирования Ocean Optics USB-4000 и HR-4000. Для проведения оптических измерений применялись излучатели с пиковой длиной волны 290 и 445 нм, ртутная и иные газовые лампы.

В данной работе были исследованы основные оптические и электрические параметры созданных структур; получены вольтамперные характеристики и спектры люминесценции. Анализ ВАХ подтверждает наличие эффектов выпрямления в созданных структурах. Показано, что включение коллоидных квантовых точек в структуры на основе органических слоев является эффективным способом управления спектром излучения, позволяющим изменять такие параметры, как спектральный состав, полуширина и интенсивность. Полученные спектры люминесценции наглядно демонстрируют возможность управления спектром излучения OLED внедрением в их структуру слоя ККТ, что также позволит без существенного изменения техпроцесса создавать приборы с необходимыми спектральными характеристиками и повышенной мощностью излучения.

Список литературы:

I. I. Mikhailov, S. A. Tarasov, A. V. Solomonov, O. A. Aleksandrova, L. B. Matyushkin, D. S. Mazing. The study of CdSe colloidal quantum dots synthesized in aqueous and organic media // Journal of Physics: Conference Series 572. — 2014. — 012029.

2. Stepanov E. M., Mikhailov I. I., Tarasov S. A., Solomonov A. V. Light-emitting structures

based on colloidal quantum dots of cadmium sulphide having a high color rendering index // Proceedings of the 2016 IEEE North West Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference, ElConRusNW. — 2016. — С. 82-84.
3. Тарасов С.А., Александрова О.А., Ламкин И.А., Максимов А.И., Мараева Е.В., Михайлов И.И., Мошников В.А., Мусихин С.Ф., Налимова С.С., Пермяков Н.В., Спивак Ю.М., Травкин П.Г. Люминесцентные свойства систем «пористые кремнийсодержащие матрицы — наночастицы PbS» // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2014. № 4 (108) . – С. 21-26.

Исследование импульсных характеристик светодиодов зеленого и красного диапазонов

А. А. Жаврина

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

При использовании светодиодов в специализированных устройствах, например, при фотокаталитической очистке или в системах инициации химических реакций, для достижения желаемого результата необходимо повышать оптическую мощность излучения. При повышении мощности излучения возникает проблема самонагрева. Для того, чтобы избежать выхода из строя светодиодов, используют переход от непрерывного режима работы к импульсному. Основной целью работы было повысить мощность и эффективность излучения светодиодов зеленого и красного диапазона при переходе к импульсному режиму работы.

Для измерения характеристик светодиода в импульсном режиме необходимо использовать импульсный источник тока с возможностью изменения скважности, частоты и амплитуды сигнала. Схема измерений состояла из измерителя мощности, генератора импульсов, двухканального осциллографа, источника питания, макета импульсного блока питания. Структура установки для измерения характеристик светодиода в импульсном режиме представлена на рисунке 1.

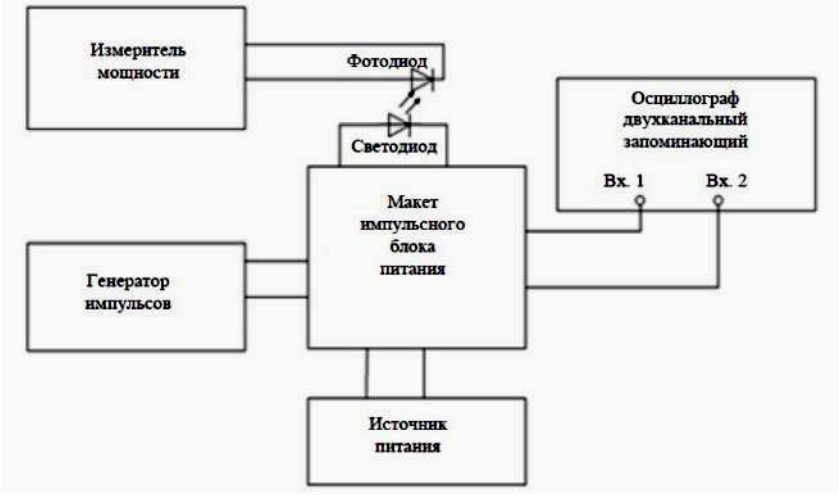


Рис.1. Схема установки

Для определения импульсного тока, протекающего через светодиод, используется цифровой осциллограф. Основная проблема при измерении в импульсном режиме на малых токах — малая интенсивность светового потока. Кроме того, в связи с тем, что наибольшее тепловыделение на любом коммутирующем электронном приборе, работающем в импульсном режиме, происходит на фронтах питающего тока, для заметного выигрыша при переходе в этот режим необходимо максимально снижать время переключения. В ходе работы исследовались следующие образцы светодиодов: BL-L314PGC (зеленый светодиод), L-1503SRC-D (красный светодиод). В ходе исследования определялась зависимость максимальной световой мощности от тока, протекающего через светодиод при различной скважности управляющего сигнала [1]. Полученные результаты подтверждают, что при одной и той же средней мощности максимальный ток через нагрузку в импульсном режиме может быть значительно больше, чем в непрерывном режиме, при этом с увеличением скважности световая мощность будет достигать все больших значений, пока средняя электрическая мощность, выделяемая в светодиоде не достигнет величин, приводящих к его нагреву и снижению эффективности.

Зависимость эффективности от тока позволяет утверждать, что повышение скважности управляющего сигнала приводит к повышению эффективности работы светодиода и снижению средней потребляемой им мощности [2]. При импульсном режиме можно повысить оптическую мощность излучения, не превышая температуру, при которой светодиод выходит из строя.

Список литературы:

1. Menkovich E.A., Tarasov S.A., Lamkin I.A. Luminescence of nanostructures based on semiconductor nitrides // Functional Materials. 2012. T 19, №. 2. — P. 233-237.
2. Е.А. Менькович, И.А. Ламкин, С.А. Тарасов. Тест-система определения параметров светодиодов и быстрой диагностики их качества // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — 2012. № 10. — С. 17-23.

Исследование характеристик светодиодных матриц

А. А. Загоскин, А. С. Киселев, И. С. Малышев, Е. А. Смирнов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Светоотдача многих современных светодиодов (СД) уже сейчас превышает 100 лм/Вт. Это почти в два раза выше светоотдачи люминесцентных ламп (50 лм/Вт) и в десять раз выше светоотдачи ламп накаливания (10 лм/Вт). Срок службы светодиодов достигает 30 ... 100 тысяч часов, что многократно больше срока службы ламп накаливания и люминесцентных ламп. Поэтому рынок СД источников света захватывает сферы бытового, промышленного и уличного освещения. Фактором роста является уменьшение стоимости осветительных приборов на основе СД [1].

Для целей освещения в основном используются «белые» люминофорные СД. Такие СД создаются на основе нитрида галлия, легированного индием (InGaN) и излучают в синей (порядка 460 нм) области видимого диапазона. Излучающая область полупроводникового кристалла покрывается слоем люминофора — иттрий-алюминиевым гранатом, легированным трехвалентным церием. Часть коротковолнового излучения InGaN поглощается и переизлучается желтой области. В результате формируется «белое» излучение, соответствующее той или иной цветовой температуре [2].

Для увеличения интегрального светового потока промышленных и уличных СД-источников света используются матрицы. Комбинированные матрицы составляются из однотипных СД расположенных на единой плате-радиаторе. Они имеют хороший теплоотвод и легко монтируются в кластеры. Для питания используются стабилизаторы тока: выносные или встроенные в плату. Однокристальные СД-матрицы имеют максимальные значения светоотдачи, малые габариты, технологичны при массовом производстве [3]. Плотное размещение СД порождает локальное повышение тепловой мощности. Для устранения перегрева матрицы снабжаются мощными, габаритными радиаторами сложной конструкции.

Для расширения диапазона экспериментальных исследований характеристик СД-матриц использовались регулируемые источники питания, позволяющие реализовывать режимы работы во всем допустимом интервале токов. Исследование временных зависимостей освещенности, падения напряжения на матрице и температуры кристаллов при фиксированных значениях тока показало, что время установления теплового равновесия не превышало 15 — 20 минут при близких к номинальным режимам. Для однокристальной матрицы при потребляемой мощности 17 Вт и комнатных условиях установившаяся температура кристалла не превышала 50°С. Спад светового потока после прогрева составлял не более 3 — 5%. Столь малое влияние температуры на излучение СД может объясняться достаточно эффективным теплоотводом, устраняющим нагрев до предельно допустимых температур.

У комбинированной СД-матрицы при уровне потребляемой мощности 10 Вт (85% от номинальной) установившаяся температура СД была ниже, чем у однокристальной матрицы и не превышала 35 — 40°С. Световые или люксамперные характеристики матриц в исследованном диапазоне токов являлись практически линейными и использовались для расчета световых потоков. Полученные вольтамперные характеристики позволяли вычислять потребляемую мощность матриц.

Диаграммы направленности СД-матриц в дальней зоне имели форму близкую к сфере, что позволило при оценке световых потоков считать полный телесный угол равным π. Рассчитанные по результатам экспериментов значения светоотдачи однокристальной матрицы составляли величину порядка 50 — 60 лм/Вт и практически не зависели от величины тока. Полученные таким образом сведения об электрических и излучательных характеристиках СД-матриц позволяют получить наглядную информацию, пригодную для использования в учебном процессе.

Список литературы:

1. Анализ мирового рынка светодиодной светотехнической продукции // Ассоциация Производителей Светодиодов и Систем на их основе. URL: http://nprpss.ru/public/Files/20151005/World_LED_market_report_part1_shot_ver.pdf (дата обращения: 05.02.2017).

2. Белый светодиод // Википедия. Свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%BB%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%B4 (дата обращения: 05.02.2017).

3. Дорожкин Ю.Б., Туркин А.Н. Новые семейства светодиодных модулей серии CXA компании Cree // Полупроводниковая светотехника. 2014, вып. № 1. — С. 36–39.

Исследование спектров испускания разряда магнетрона при высокомощном импульсном распылении

К. И. Карапец, Н. В. Галицын

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Метод высокомощного импульсного магнетронного распыления (HiPIMS) является разновидностью магнетронного распыления, при котором высокие значения мощности подаются в виде коротких импульсов. Благодаря низким значениям скважности, используемых при HiPIMS, удается достичь высоких значений плотности мощности, порядка нескольких кВт/см^2[1].

Целью данной исследовательской работы является исследование спектральных характеристик разряда при магнетронном распыления металлической мишени. В результате воздействия высокомощных импульсов в разряде резко повышается концентрация ионизированных атомов металла, которые кардинально улучшают параметры осаждаемого покрытия: возрастает его плотность и адгезии к подложке.

Явления, возникающие при работе в различных режимах, имеют непосредственное влияние на процесс осаждения пленок. Поэтому контроль процессов, происходящих в вакуумной камере магнетрона, является важнейшей задачей при исследовании процессов осаждения тонких пленок. Наиболее точным и реализуемым на практике методом контроля является метод эмиссионно-оптической спектроскопии [2], [3]. К примеру, повышение интенсивности спектральных линий, соответствующих излучению ионизированных частиц металла, может говорить о переходе к «металлическому» режиму. Анализ данных, полученных при использовании метода эмиссионно-оптической спектроскопии, позволяет разрабатывать технологические параметры для синтеза пленок с заданными свойствами: толщина, плотность, адгезия к подложке, стехиометрический состав и др. [4].

В ходе исследования были изучены спектры испускания частиц титана и аргона в режиме высокомощного импульсного распыления (HiPIMS). В результате исследования показано, что при работе в режиме HiPIMS интенсивность спектральных линий, соответствующих ионизированным атомам металла, значительно превышает их интенсивность при распылении на постоянном напряжении. К примеру, при длине волны λ= 323.6 нм интенсивность излучения ионизированных атомов титана (Ti I) при постоянном напряжении в

~ 5 меньше интенсивности излучения данных атомов при высокомощном импульсном распылении (данные указаны в таблице 1).

Таблица 1

Интенсивность излучения атомов и ионов титана и атомов аргона на разных длинах волн, полученных при различных режимах работы магнетрона

λ, нм	DCMS	DSMS_S	HiPIMS	DCMS/ DSMS_S	DCMS/ HiPIMS
323.6 (Ti II)	10.87	30.65	56.61	0.35	0.19
334.9 (Ti II)	31.38	61.31	74.88	0.51	0.42
375.9 (Ti II)	26.76	43.50	40.45	0.61	0.66
399.9(Ti I)	46.35	64.23	11.68	0.72	3.96
453.3 (Ti I)	20.32	37.64	16.75	0.54	1.21
504.0 (Ti I)	37.58	54.16	10.28	0.69	3.65
750.4 (Ar I)	25.8	22.78	11.89	1.13	2.16
763.5 (Ar I)	14.95	12.84	5.39	1.16	2.77
811.5 (Ar I)	19.82	16.11	5.76	1.23	3.44

Это свидетельствует о том, что при использовании высокомощного импульсного распыления концентрация ионизированных атомов распыляемого металла значительно превышает концентрацию атомов при магнетронном распылении на постоянном токе, что может использоваться для влияния на свойства осаждаемых покрытий.

Список литературы:

1. Arcos T., Schroder R., Gonzalvo Y. Description of HiPIMS plasma regimes in terms of composition, spoke formation and deposition rate // Plasma Sources Science & Technology. 2014. V. 23. — P. 054008-054018.
2. Azuma K., Mieda R., Yukimura K. Electrical and Optical Characteristics of High-Power Pulsed Sputtering Glow Discharge // IEEE transactions on plasma science. 2009. V. 37. — P. 1692-1695.
3. Sidelev D., Yuryeva A., Krivobokov V. Aluminum films deposition by magnetron sputtering systems: Influence of target state and pulsing unit // Journal of Physics: Conference Series. 2016. V. 74. — P. 012193-012197.
4. Vasina P., Fekete M., Hnilica J. Determination of titanium atom and ion densities in sputter deposition plasmas by optical emission spectroscopy // Plasma Sources Science & Technology. 2015. V. 24. — P. 065022-065035.

Исследование динамических характеристик газоразрядных лазеров

А.С. Киселев, Е.А. Смирнов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Среди широкого спектра лазеров особое место занимают газоразрядные лазеры, в том числе, лазеры тлеющего разряда (ЛТР). В силу физических и конструктивных особенностей, излучение ЛТР обладает временной нестабильностью, обусловленной влиянием различных факторов. Это, в свою очередь, предполагает использование ЛТР совместно с системами стабилизации мощности (ССМ) их излучения [1]. Актуальность использования ЛТР в совокупности с системами стабилизации мощности их излучения обусловлена высокой степенью пространственной и временной когерентности излучения. Методы стабилизации мощности лазерного излучения подразделяются на пассивные и активные. На практике чаще используются активные методы, одним из которых активной является регулировка уровня накачки. В лазерах тлеющего разряда этот процесс сводится к принудительному изменению тока разряда на такую величину, чтобы уровень мощности излучения поддерживался неизменным [2].

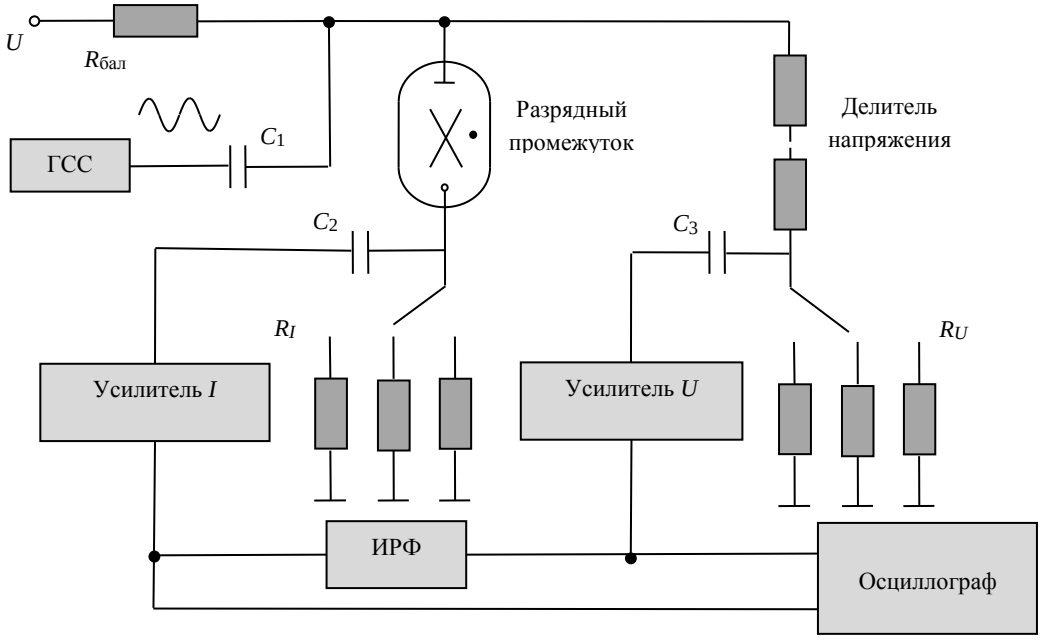


Рис. 1. Структурная схема установки для исследования динамического сопротивления

Поведение лазера в ССМ определяется его динамическими свойствами

как элемента токовой цепи и как источника когерентного излучения. К динамическим характеристикам токовой цепи лазера относятся активная и реактивная составляющая импеданса разрядного промежутка, а также его модуль. Основу экспериментального исследования динамического сопротивления разряда составляют измерения значений, переменных составляющих тока и напряжения на фиксированной частоте, а также сдвига фаз между ними (рис. 1). В схеме разряд горит на постоянном токе, и модулируется внешним синусоидальным сигналом, подаваемым с высоковольтного генератора с перестраиваемой частотой (ГСС). Переменные составляющие тока и напряжения разряда усиливаются, определяется фазовый сдвиг между ними при помощи измерителя разности фаз (ИРФ). Результат измерений отображается на осциллографе. Для исследования разряда разработаны макеты, содержащие разрядные трубки различного диаметра, а также систему откачки и наполнения рабочими газами [3].

Динамические свойства разряда в диапазоне измерения параметров, соответствующем рабочим условиям лазеров тлеющего разряда, достаточно полно описывается моделью, учитывающей в качестве основных факторов инерционность процесса прямой ионизации, конечное время установления пространственного заряда и падающий характер вольт–амперные характеристики [4]. Результаты, полученные в ходе эксперимента, лягут в основу расчета передаточных функций системы стабилизации мощности лазерного излучения.

Список литературы:

1. Привалов В.Е., Смирнов Е.А. Стабилизация мощности излучения лазеров тлеющего разряда и их применение: обзор // Оптико-механическая промышленность, 1986, № 11. — С. 52-60.

2. Грановский В. Л. Электрический ток в газе — М.: Издательство «Наука», 1971. — 490 с.

3. Киселев А.С., Смирнов Е.А. Влияние разрядных условий на коэффициент аккомодации электронов в плазме инертных газов // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016, № 8. — С. 13-15.

4. Киселев А. С., Смирнов Е. А. Исследование вольт-амперных характеристик лазеров тлеющего разряда // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016, № 6. — С. 3-6.

Кристаллическая структура магнетронных пленок нитрида титана

А. А. Козин, Р. С. Тюрин, Д. Яшенькина

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Рентгенофазовые (РФА) исследования пленок нитрида титана (TiN) выполнены на порошковом рентгеновском дифрактометре D8-Advance «Bruker» (CuKα–излучение, рабочее напряжение 40 кВ при токе 40 мА). Фазовый анализ проведен с использованием международной базы данных ICDD-2006. Средний размер кристаллитов, определявшийся методом Шерера с учетом инструментального уширения профилей пиков, и соотношение фаз вычисляли с использованием комплекса программ TOPAS, входящего в программное обеспечение дифрактометра.

Образцы этой серии пленок TiN изготавливались при варьировании расходом азота и плотностью тока разряда. Предварительно, перед непосредственным проведением активного эксперимента, был проведен пассивный, где координаты точек выбирались, исходя из предположения о том, что в нитридном режиме должны получаться стехиометрические пленки TiN.

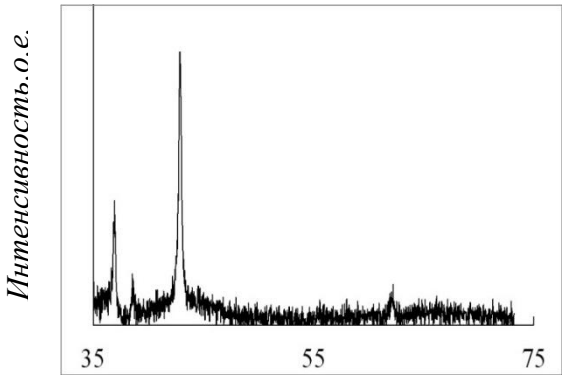
Все исследованные пленки содержали кристаллические фазы. На рентгенограммах большинства пленок наблюдались ярко выраженные пики при 2θ ~36.7 °, ~ 42.6 °, и ~ 61.8 °, соответствующие гранецентрированной кубической решетке TiN, с преимущественной ориентацией плоскостей (111), (200) и (220). Причем при плотности тока 13.7 мА/см^2 соотношение интенсивностей пиков *I* (111) и *I* (200) на рентгенограммах меньше единицы, что соответствует порошковой дифрактограмме и они содержат фазу металлического титана. При плотности тока *J* >13.7 мА/см^2 пленки текстурированы ($I_{(111)}/I_{(200)} > 1$) и металлическая фаза в них отсутствует.

В образце, полученном при *Q*=6 см^3/мин и *J*=13.7 мА/см^2, пики разных отражений сдвинуты в разные стороны. Если считать параметр по отражению (111) получается 4.2116 А, а если по отражениям (200) и (220) то 4.2405 А. Причем область когерентного рассеяния (ОКР) по (111) в 4 раза больше, чем по (200) и (220). Этому факту могут быть даны 2 разные объяснения. В кристаллических материалах возможны разного рода нарушения кристаллической решетки, и они по-разному влияют на дифракционную картину:

1) микронапряжения, такие как точечные дефекты, области деформации,

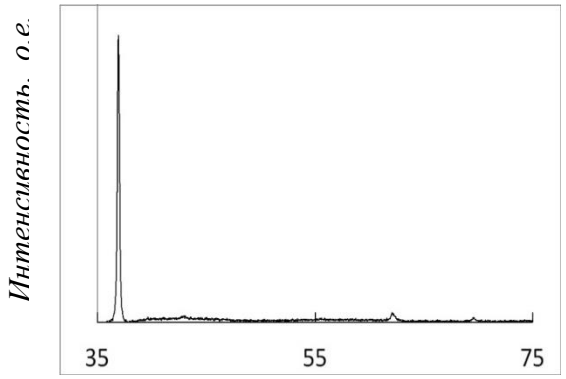
связанные с дислокационной структурой и т.д. приводят к уширению дифракционных рефлексов. Наряду с этим вклад в уширение пиков дают и размеры ОКР. Существуют приемы, позволяющие эти вклады разделить;

2) упругие деформации или остаточные напряжения приводят к смещению дифракционных пиков по шкале 2θ. Такие напряжения характерны для металлов, подвергшихся механическому воздействию — прокатке, протяжке проволоки через фильеры и т.д. Подобные явления характерны для эпитаксиально-согласованных структур в полупроводниковой микроэлектронике.



2θ, град

Рис. 1. Рентгенограмма образца, помещенного в систему J – Q_{N_2} при Q= 2 [см^3/мин], J= 13.7 [мА/см^2].



2θ, град

Рис. 2. Рентгенограмма образца, помещенного в систему J – Q_{N_2} при Q= 2 [см^3/мин], J= 21.9 [мА/см^2].

В связи с этим могут быть две интерпретации наблюдаемого эффекта:

1) в пленке присутствуют области, в которых «крупные» кристаллиты, ориентированные по (111), находятся в напряженном состоянии;

2) пленка двухслойная. Нижняя или верхняя ее часть образована мелкокристаллическим материалом с большим параметром ячейки, а другая часть образована более крупными кристаллитами с меньшим параметром ячейки.

Исследование проводится при поддержке РНФ (грант 15-19-00076).

Список литературы:

1. Левицкий В.С., Шаповалов В.И., Комлев А.Е. и др. // Письма ЖТФ. 2015. Т. 85, Вып. 22. С. 55–60 (Levitskii V.S., Shapovalov V.I., Komlev A.E. et al. // Techn. Phys. Lett. 2015. V. 41. — P. 1094–1096.

2. V.K. Pecharsky & P.Y. Zavalij // Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials. 2 ed., Springer, 2009. — P. 12-25.

3. Л.М. Ковба, В.К. Трунов // Рентгенофазовый анализ. — Изд. 2-е, доп. и перераб. — М.: МГУ, 1976.

Разработка автоматизированного устройства для изучения кинетики тепловых процессов при магнетронном распылении

В. К. Кунцов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Целью данной работы является исследование процесса нагрева и остывания подложки при магнетронном распылении с использованием автоматизированного устройства. Автоматизированное устройство представляет собой спроектированный и изготовленный аппаратно-программный комплекс, который способен производить измерение и последующую обработку данных по нагреву чувствительного подложки-сенсора с термопарой.

В работе исследованы процессы нагревания и остывания подложки при магнетронном распылении медной мишени на постоянном токе. Роль подложки исполнял медный чувствительный элемент с термопарным датчиком. Известно, что при выключенном магнетроне скорость отвода тепла с подложки меньше, чем при работающем. При этом скорость нагревания и предельная температура, скорость отвода тепла, связанного с осаждением атомов меди, пропорциональны плотности тока разряда [1]- [3]. Автоматизация устройства включает в себя такие элементы как: программируемая плата Arduino; термопарный датчик; интерфейсная плата MAX6675; ПК с LabVIEW.

Термопарный датчик подключается к интерфейсной плате MAX6675. На выходе с нее выходит качественный цифровой сигнал показаний температуры (12 бит с разрешением 0,25 градуса). Далее каждый полученный бит подается на вход Arduino через вывод данных (DO – data out) и посредством передачи через порт ПК, где происходит обработка данных в среде графического программирования – LabVIEW.

Данный способ автоматизации позволяет наглядно вывести зависимость температуры подложки от времени которой определяются параметры тепловых процессов, происходящих при магнетронном распылении металлической мишени.

Список литературы:

1. Shapovalov V., Komlev A., Bondarenko A. Substrate heating and cooling during magnetron sputtering of copper target // Phys. Lett. A. — 2016. V. 380, No 7 — 8. — P. 882 — 885.
2. Raman P., Shchelkanov I., McLain J. High power pulsed magnetron sputtering: A method to increase deposition rate // J. Vac. Sci. Technol. A. — 2015. V. 33. P. 031304 (10 pages).

3. Ghobadi N., Ganji M., C. Luna C. Effect of substrate temperature on the properties of sputtered TiN thin films // Mater Electron. A. — 2013. V. 12. P. 220202 (3 pages).

Исследование HEMT-структур на основе твердых растворов арсенидов галлия-индия методом фотолюминесценции

А. С. Ларченко

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

В современной электронике применение квантово-размерных структур является одним из основных направлений в создании новых устройств, в том числе HEMT (high electron mobility transistor) транзисторов. Рассматриваемый в работе твердый раствор арсенида галлия-индия $In_xGa_{1-x}As$ имеет высокие параметры электронного транспорта, что позволяет использовать его в приборах сверхвысокочастотной электроники.

Целью данной работы является анализ HEMT-структур на основе твердых растворов арсенидов галлия-индия методом фотолюминесценции [1], [2], в результате которого можно сделать выводы о качестве приведенных структур [3], [4].

В ходе работы были исследованы два образца: HEMT и mHEMT структуры. mHEMT структура отличается наличием метаморфного буфера, который используется для того, чтобы свести нежелательный эффект рассогласования кристаллических решеток различных материалов к минимуму.

n- $In_{0.52}Al_{0.48}As$	10 нм
i- $In_{0.52}Al_{0.48}As$	14.5 нм
Дельта-Si	Монослой
i- $In_{0.52}Al_{0.48}As$	5.1 нм
i- $In_{0.53}Ga_{0.47}As$	18 нм
i- $In_{0.52}Al_{0.48}As$	520 нм
InP	

Образец B385

n $In_{0.52}Al_{0.48}As$	2 нм
$In_{0.52}Al_{0.48}As$	2.7 нм
Донорный $In_{0.52}Al_{0.48}As$	13.5 нм
$In_{0.52}Al_{0.48}As$	4 нм
In_xGa_yAs	10 нм
$In_{0.65}Ga_{0.35}As$	4 нм
In_xGa_yAs	10 нм
i-$In_{0.52}Al_{0.48}As$	1000 нм
Метаморфный i-$In_xAl_yGa_zAs$	1030 нм
InP	

Образец M2044

Рис. 1. Схемы структур образцов B385и M2044

Исследуемая структура B385 является структурой HEMT транзистора. На подложке из InP выращивается буферный слой i- $In_{0.52}Al_{0.48}As$, квантовая яма (КЯ) i- $In_{0.53}Ga_{0.47}As$, спейсер i- $In_{0.52}Al_{0.48}As$, легирующий дельта-слой и барьерный слой i- $In_{0.52}Al_{0.48}As$ (рис. 1).

Структура M2044 (рис. 1) является mHEMT структурой, выращивается на InP подложках и в качестве метаморфного буферного слоя используется соединение $In_xAl_yGa_zAs$, линейно меняющееся по составу. Интересной является конструкция канала: стенки квантовой ямы не резкие, а пологие.

Для исследования образцов был применен метод фотолюминесценции, т.к. он прост, не является разрушающим и не требует дополнительной обработки образца. Из итогов эксперимента можно определить энергии основных переходов, оценить концентрацию дефектов в структуре, равномерность гетерограниц и концентрацию электронов.

Измеренный спектр фотолюминесценции образца M2044 при температуре 300 К расположен относительно спектра образца B385 в области меньших энергий фотона, что доказывает повышенное содержание InAs в канале. Можно предположить, что высокая концентрация InAs привела к повышенному содержанию в образце структурных дефектов. Также спектр образца M2044 имеет три отчетливых максимума. При понижении температуры вид спектров изменяется. Максимумы люминесценции обоих образцов смещаются в коротковолновую область. Также понижение температуры приводит к исчезновению третьего максимума, что объясняется уменьшением концентрации электронов в канале, вследствие чего спектры фотолюминесценции двух образцов имеют похожую форму. При этом спектр фотолюминесценции образца B385 имеет меньшую ширину спектральных линий, что свидетельствует о более высоком качестве образца.

В результате исследования выяснилось, что образец B385 характеризуется очень малой плотностью дефектов, структура точно соответствует спецификации. Образец M2044 обладает большой плотностью дефектов, поэтому, несмотря на увеличенную мольную долю InAs в канале, характеризуется меньшей подвижностью электронов, чем структура B385. Таким образом, анализ спектров фотолюминесценции показал, что конструкция буфера оказывает серьезное влияние на качество выращиваемой структуры.

Список литературы:

1. Тарасов С.А., Грачева И.Е., Гареев К.Г., Гордюшенков О.Е., Ламкин И.А., Менькович Е.А., Мошников В.А., Преснякова А.В. Атомно-силовая микроскопия и фотолюминесцентный анализ пористых материалов на основе оксидов металлов // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2012. № 2 (94) . — С. 21-26.

2. Тарасов С.А., Александрова О.А., Ламкин И.А., Максимов А.И., Мараева Е.В., Михайлов И.И., Мошников В.А., Мусихин С.Ф., Налимова С.С., Пермяков Н.В., Спивак Ю.М.,

Травкин П.Г. Люминесцентные свойства систем «пористые кремнийсодержащие матрицы — наночастицы PbS» // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2014. № 4 (108) . — С. 21-26.
3. Romanovskiy D.S., Tarasov S.A., Galiev G.B., Pushkarev S.S. Investigation of In0.7Ga0.3As/In0.7Al0.3As metamorphic HEMT- heterostructures by photoluminescence spectroscopy // Journal of Physics: Conference Series 541 (2014) 012080.
4. Romanovskiy D.S., Solomonov A.V., Tarasov S.A., Lamkin I.A., Galiev G.B., Pushkarev S.S. Low temperature photoluminescence and photoreflectance of metamorphic HEMT structures with high mole fraction of In // Proceedings of the 2015 IEEE North West Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference, ElConRusNW 2015, 2015. — С. 36-39.

Получение изделий электронной техники методом порошковой инжекционной технологии

С. А. Леухин, Э. Подетти

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Технический университет Тренто, ОАО «Завод Магнетон»

В электронной технике нашли широкое применение композиционные материалы, в частности на основе ферритов и других керамических наполнителей, в частности для изготовления сердечников, мини-антенн, магнитопроводов и т.д.

В связи с тенденцией на использование малогабаритных изделий и их крупносерийное производства появилась и получила широкое распространение порошково-инжекционная технология (PIM-технология). Ее явное преимущество — это увеличение плотности и прочности деталей, высокий коэффициенте использования материала, получение изделий сложной формы, в том числе тонкостенных, высокая производительность процесса, полная автоматизация производства, высокая размерная точность изделий, снижение себестоимости изделий при массовом производстве в 5-10 раз [1].

В России она представлена в единичных случаях, причем при использовании импортных материалов и оборудования. В связи с этим целью настоящей работы является освоение данной технологии на основе отечественных материалов и повышение функциональных характеристик изделий по сравнению с известными нам аналогами. В задачи работы входило оптимизация состава материалов на базе реологических испытаний, выбор оптимальных ме-

тодов смешения и гомогенизации композиций, изучение взаимосвязи структуры материалов с функциональными характеристиками изделий и получение опытных образцов методом экструзии и литья под давлением.

Процесс получения изделий включает несколько этапов. Смешение компонентов и подготовка (гранулирование) полученной массы для использования в термопластавтоматах и экструдерах, формование заготовок литьевыми и экструзионными методами; удаление связующего (дебайдинг); спекание и получение окончательно изделия. В качестве исходных материалов в работе использовались никель-цинковые ферриты различных марок, а также керамические порошки марок МСТ и СТЛ. Связующие выбирались из ряда полиолефинов и их сополимеров, парафинов и смесей на их основе.

На основе реологических испытаний композиции проведена оптимизация их состава. Выявлены критерии необходимые для выбора смесительного оборудования и расчета технологических режимов. Значимым фактором при литье заготовок является конструкция литниковой системы пресс-формы. Найдены технические решения, обеспечивающие исключение турбулентного течения расплава при заполнении формы, приводящего к появлению дефектов (рис.1 и 2) [2].

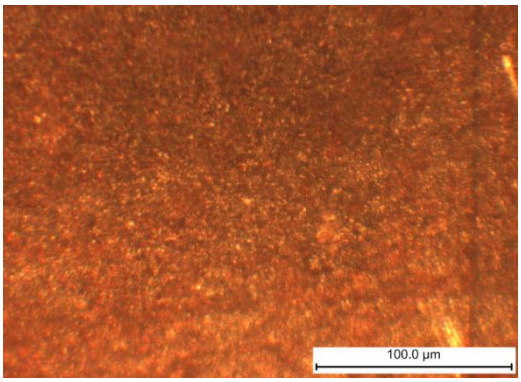


Рис. 1. Ламинарное движение

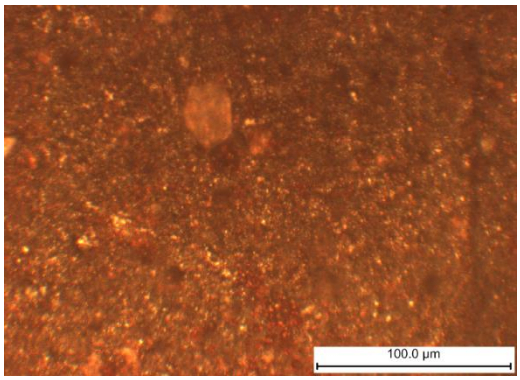


Рис. 2. Турбулентное движение

С целью формирования бездефектной структуры изделий в работе предложены критерии, необходимые для выбора наполнителей и их гранулометрического состава, а также комбинации связующих. Для решения поставленных задач использованы такие приемы, как регулирование гранулометрического состава, создание гетеромодальных материалов (с регулируемыми размерами частиц по фракциям), что позволяет создать максимальную упаковку. Использование многокомпонентных связующих, в которых в качестве основого используется высокомолекулярный полимер удерживающий форму изделия, а

второй является низкомолекулярным компонентом, например, парафин, который увеличивает текучесть композиции и одновременно обеспечивает создание пористости в процессе дебайдинга.

Получены образцы изделий. Результаты испытаний некоторых из них приведены в таблице. Параметры наших образцов превышают параметры, полученные по традиционной технологии (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение технологий

Наименование Параметра	Обозначение	МСТ — 15		
		ТУ	Прессование	PIM
Действительная составляющая относительной диэлектрической проницаемости на частоте 9,4 ГГц	ε`	14,5-15,5	14,89	15,94-16,06
Тангенс угла диэлектрических потерь на частоте 9,4 ГГц, не более	$tg\delta_{\varepsilon}x10^{4}$	2,0	1,15	1,35-1,67
Плотность, г/см3	ρкаж	3,58-3,78	3,6	3,68

Выражаем большую благодарность за помощь в выполнении данной работы Гарееву К. Г. и Голубкову А. Г.

Список литературы:

1. Сколковский институт науки и технологий Публичный аналитический доклад по направлению «Новые производственные технологии» январь 2015.
2. Материалы конференции Технокон «Современные композиционные материалы и многофункциональные покрытия на их основе».

Установка для исследования инжекционных лазеров ик-диапазона

И. С. Малышев, А. С. Киселев, А. А. Загоскин, Е. А. Смирнов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Инжекционный полупроводниковый лазер (ИППЛ) — наиболее распространенная разновидность полупроводникового лазера. В основе его работы лежит инжекция носителей заряда через *p-n–переход.* В ИППЛ электрическая энергия непосредственно преобразуется в энергию лазерного излучения с относительно высоким КПД до 30 — 40 %. ИППЛ обладает рядом преимуществ перед другими типами лазеров — малая инерционность, компактность, низковольтное питание, малое энергопотребление. Инжекционные лазеры используются в волоконно-оптических линиях связи; оптоэлектронных устройствах; устройствах записи и обработки информации; в медицине и т. п. [1].

Непрерывные инжекционные полупроводниковые лазеры строятся на основе двойной гетероструктуры (ДГС). В качестве материалов для изготовления ИППЛ используют полупроводниковые соединения типа A^3B^5, а также твердые растворы на их основе. Лазеры ИК-диапазона изготавливают из арсенида галлия GaAs. Активная область из GaAs *p*-типа ограничена с одной стороны слоем легированного полупроводника GaAlAs *n*-типа и эмиттером из GaAs *n*-типа, а с другой — GaAs-GaAlAs — тройным соединением того же типа проводимости, что и активный слой. Такая структура позволяет сформировать симметричный волновод за счет отсутствия скачков показателя преломления на границах активного слоя, благодаря чему уменьшаются потери квантов [2].

Установка для исследования инжекционных лазеров ИК-диапазона позволяет исследовать временные и токовые зависимости мощности излучения лазера, термосопротивления и падения напряжения, а также диаграммы направленности лазерного излучения в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Для стабильной работы лазера необходим теплоотвод, осуществляемый с помощью радиатора, снабженного микрохолодильником на основе эффекта Пельтье. Так как установка находится в учебной лаборатории, то в целях безопасности в ней используется маломощный лазер [3].

В ходе исследования зависимостей обнаружилось, что установленный лазер ИЛПН-103 имеет серьезное отличие рабочих характеристик от паспортных значений, связанное с деградацией полупроводниковой структуры в течение срока эксплуатации. На максимально допустимом токе накачке (190 мА) мощность составляла порядка 0,5 мВт. В диаграммах направленности практически отсутствовали отличия в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, узконаправленного пучка в перпендикулярной плоскости не наблюдалось. Токовые зависимости со стабилизацией температуры, осуществляемой по значению термосопротивления, и без нее отличались незначительно. Перехода в лазерный режим не наблюдалось и можно было сказать о том, что лазер работал в светодиодном режиме. Максимальная мощность излучения принимала значение порядка 0,5 мВт при максимально допустимом токе накачке (190 мА) [4].

В ходе работы была произведена замена лазера на аналог ИЛПН-207Б. В результате стал отчетливо проявляться переход из светодиодного в лазерный режим при увеличении тока накачки. Максимальная мощность излучения стала порядка 5 мВт.

Падение напряжения увеличилось в связи с тем, что ИЛПН-207Б излучает на меньшей длине волны, чем ИЛПН-103. Также были исследованы спектры излучения путем транспортировки излучения лазера через световод к компьютеризированному цифровому спектрометру. По спектрам определили длину волны излучения и убедились в характере режима работы. Так для ИЛПН-103 излучение происходило на длине волны 853 нм, для ИЛПН-207Б — на 786 нм.

Таким образом, произведенная в ходе работы модернизация лабораторной установки ИППЛ позволит получать наглядное и информативное представление о принципе работы и основных характеристиках ИППЛ.

Список литературы:

1. Энциклопедия физики и техники. URL: http://femto.com.ua/articles/part_1/1362.html (дата обращения 15.02.2017).
2. Пихтин А. Н. Квантовая и оптическая электроника. — М.: Абрис, 2012.
3. Смирнов Е. А. Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010.
4. Смирнов Е. А., Черниговский В. В. Физические основы лазеров и их типы: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2005.

Исследование вольтамперных характеристик аномального тлеющего разряда с горячей мишенью в азотосодержащей среде

Е. А. Минжулина, В. В. Смирнов, Д. С. Денисов, Е. И. Беляев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Использование магнетронных распылительных систем на постоянном токе с горячей мишенью считается перспективным направлением. Конструктивные особенности катодного узла с горячей мишенью позволяют повысить качество и скорость роста пленок. Благодаря отсутствию прямого охлаждения металлической мишени, ее поверхность может быть нагрета вплоть до температуры плавления. Значительный интерес к изучению магнетрона с горячей мишенью обусловлен тем, что в научном мире накоплен весьма скудный запас по данной тематике. Физические процессы, протекающие при распылении горячих мишеней, до конца не изучены. Именно поэтому метод не нашел широкого применения в промышленности.

Данная работа заключала в себе измерения вольт-амперных характеристик (ВАХ) магнетрона с холодной и горячей титановой мишенями, которые

распыляют в среде аргона. Зависимости от давления в обеих сериях экспериментов характерны для разряда магнетрона: с увеличением давления постоянство плотности тока на мишени обеспечивается уменьшением напряжения разряда, полагая, что напряжение разряда обратно пропорционально эффективному коэффициенту ионно-электронной эмиссии γ_{eff}:

$$U \sim \frac{1}{\gamma_{eff}}, \tag{1}$$

γ_{eff} пропорционален вероятности ионизации $P(p)$:

$$\gamma_{eff} = P(p)\gamma, \tag{2}$$

являющейся функцией давления:

$$P(p) \sim p \tag{3}$$

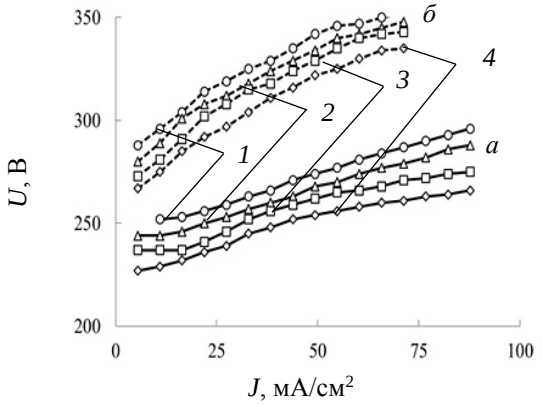


Рис. 1. ВАХ разряда магнетрона с холодной (а) и горячей (б) титановой мишенью при давлении аргона (мТорр): 1 – 3; 2 – 4; 3 – 5; 4 – 6.

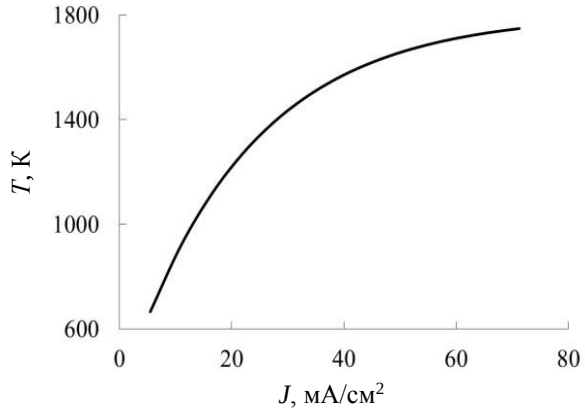


Рис. 2. Расчетная зависимость температуры горячей титановой мишени от плотности тока

Характеристики магнетрона с горячей мишенью сдвинуты в область больших напряжений (рис. 1). Уже при плотности тока $J = 10$ мА/см^2 различие между ВАХ магнетронов с холодной и горячей мишенями составляет около 30 В. При увеличении плотности тока до 75 мА/см^2 оно возрастает почти в два раза. Температура при этом, как показано на рис. 2, увеличивается от 650 до 1750 К.

Возрастание напряжения без изменения тока было обнаружено и в других экспериментах. В газовом разряде его связывают с уменьшением γ-эмиссии. В случае горячей мишени, когда поверхность нагревается за счет отсутствия прямого охлаждения и интенсивной бомбардировки ускоренными ионами

инертного газа, можно говорить о наличии области «разряжения» вблизи мишени. Эффект «разряжение» в научном мире упоминается так же, как «ветер распыления» (sputteringwind) [1]. Данный эффект обусловлен столкновением нейтральных атомов выбитого вещества с ускоренными ионами инертного газа. В результате происходит дополнительный нагрев газа и понижение концентрации атомов аргона на расстоянии 5 мм [2], что, вероятно, влечет за собой повышении напряжение разряда с горячей титановой мишенью при заданной плотности тока J, уменьшая коэффициент ионно-электронной эмиссии γ_{eff}.

Исследование проводится при поддержке РНФ (грант 15-19-00076).

Список литературы:

1. Rossnagel S. M. . Magnetron plasma deposition processes, Thin Solid Films, 171 (1989). — P. 125–142.

2. Depla D. , Buyle G. , Haemers J. et al. Discharge voltage measurements during magnetron sputtering, Sur. Coat. Technol. 200 (2006) 4329–4338, doi:10.1016/j.surfcoat.2005.02.166.

Исследование пространственного распределения излучения светодиодов

А. А. Павлова, А. Н. Рамазанов, Д. К. Кострин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Одна из причин различий при измерении светового потока светоизлучающих диодов (СИД) связана с наличием у них бокового излучения. Это обусловлено тем, что излучение, выходя из торца кристалла СИД, переотражается от стенок корпуса и меняет направление распространения. Для измерения полного светового потока СИД обычно используется интегрирующая сфера, однако во многих применениях значительный интерес представляет не информация о полном световом потоке СИД, а пространственное распределение мощности излучения и зависимость воспринимаемого цвета СИД в зависимости от угла наблюдения [1].

Для определения пространственного распределения характеристик СИД был разработан стенд, имеющий светонепроницаемый полусферический кожух. Для устранения переотражения излучения кожух изнутри покрыт светопоглощающим покрытием. Управление устройством осуществляется с помощью электронного блока с микроконтроллером. Для проведения исследований

используется два шаговых двигателя: один позволяет поворачивать платформу с закрепленным на ней СИД (угол φ), второй — перемещает ввод оптического волокна спектрометра по поверхности сферы (угол α относительно оси симметрии СИД). Программное обеспечение спектрометра обеспечивает получение спектров и вычисление по ним мощности и цвета (доминирующей длины волны) излучения [2].

Наиболее распространена конструкция СИД с применением овальных линз, формирующих распределение излучения в пространстве с существенной разницей в углах излучения в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Пространственные распределения относительной мощности излучения *P* и доминирующей длины волны λ белого СИД в цилиндрическом корпусе диаметром 3 мм представлены на рис. 1. Для упрощения восприятия на рисунке даны круговые распределения для четырех углов α. Распределение относительной мощности излучения неравномерно и имеет значительные отклонения направления потока света от оси симметрии СИД. Можно сказать, что применение таких СИД в системах освещения может привести к значительному отличию интегральной диаграммы направленности светильника по сравнению с расчетной.

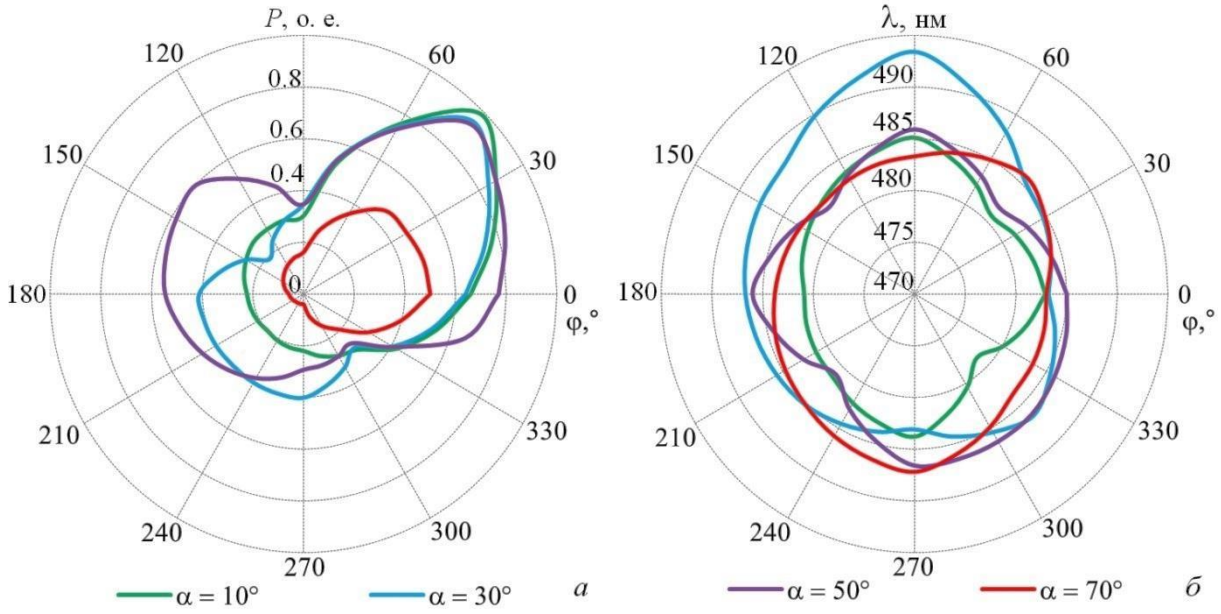


Рис. 1. Распределение относительной мощности излучения (а) и доминирующей длины волны (б) белого СД в выводном корпусе

Восприятие цвета излучения СИД при наблюдении под разными углами также различно. При повороте СИД можно говорить о достаточно существен-

ном искажении цвета — различия при рассмотрении с разных точек могут достигать 15 нм, что неприемлемо в большинстве применений, т. к. считается, что человеческий глаз может зафиксировать изменение цвета источника при сдвиге доминирующей длины волны на 2 – 2,5 нм.

По результатам работы можно сделать вывод об эффективности рассмотренной методики анализа распределения светотехнических характеристик СИД, вычисленных по их спектрам излучения, в пространстве с применением разработанного лабораторного стенда.

Список литературы:

1. Кострин Д. К., Ухов А. А. Метод подбора близких по цветовым характеристикам белых светодиодов для систем освещения // Контроль. Диагностика. 2013. № 7. — С. 47–50.
2. Кострин Д. К., Ухов А. А. Аппаратно-программный спектрометрический комплекс для исследования параметров светоизлучающих диодов // Биотехносфера. 2013. № 3. — С. 21–25.

Фоточувствительные структуры на основе фталоцианина меди (II)

М. Д. Павлова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

В современной органической химии развиты технологии, позволяющие синтезировать сложные органические молекулы различной структуры, из которых можно создавать материалы с весьма широкой гаммой свойств. Уже создано большое количество органических полупроводников и известны пути синтеза органических проводников и сверхпроводников. На базе синтезированных полупроводниковых органических соединений развиваются современная полимерная электроника и оптоэлектроника. Оптоэлектронные приборы и датчики на основе органических полупроводников отличаются простотой технологий изготовления и возможностью варьирования их рабочих характеристик в широких пределах.

В данной работе рассматриваются несколько фоточувствительных структур на основе электронно-донорного фталоцианина меди и различных акцепторных материалов.

Широко применяются слоистые фоточувствительные структуры, в которых фотоактивные компоненты наносятся отдельными слоями, и структуры с объемным гетеропереходом, в которых есть только один фотоактивный

слой, представляющий собой смесь донора и акцептора.

Мультислойная тонкопленочная структура Au/CuPc/PTCDA/Al формируется на стеклянной подложке методом термического вакуумного напыления. Первоначально на стеклянную подложку через маску осаждалась полупрозрачная (50 нм) пленка золота. Затем послойно напылялись пленки фталоцианина меди (CuPc) (d = 100-200 нм) и перилентетракарбоксил диангидрида (PTCDA*)* (d = 200-500 нм). На заключительном этапе через маску напыляли массивную пленку Al толщиной ~1 мкм. Из спектральной зависимости фототока от длины волны падающего излучения был сделан вывод: полученная структура имеет максимумы чувствительности на длинах волн 480 нм и 680 нм.

Объемные гетероструктуры, представляющие собой смеси двух материалов, обладающих донорно-акцепторными свойствами или различающихся существенно работами выхода электронов, изготовлялся следующим образом. Пластинка проводящего стекла (ITO) промывалась в ацетоне и дистиллированной воде. Порошки CuPc и фталоцианин без металла (H_2Pc) в соотношении 50 вес. % : 50 вес. % отдельно прессовали в пресс-таблетку, методом совместной сублимации при вакууме равном 10^{-4} Па осаждали пленки на пластинку из проводящего стекла. Далее на пленки органических полупроводников напыляли пленки алюминия, для чего использовался алюминий чистоты 99.9 %. Спектр поглощения фотоэлемента охватывает диапазон длин волн в интервале 200 — 850 нм и состоит из двух широких полос поглощения от 200 до 450 нм и от 500 до 800 нм.

Рассматрим фоточувствительную структуру, состоящую пленки фталоцианина меди (органический полупроводник p-типа) с кристаллическим *n-Si.* Для изготовления структуры использовалась подложка *n*-Si с ориентацией (111) толщиной 300 мкм и площадью до 2 см^2. Методом вакуумного термического при температуре 50 ^{0}C на полированной поверхности кремниевой подложки сформированы пленки CuPc. Для получения гетероструктур на поверхности пленок органического CuPc методом магнетронного распыления прессованной мишени нелегированного ZnO с добавкой 2,5 % чистого алюминия в среде аргона осаждалась высокопроводящая пленка ZnO:Al. Данная структура вызывает особый интерес тем, что при ее освещении со стороны ZnO:Al и со стороны кремния на спектральной зависимости квантовой эффективности наблюдаются различные положения максимума, в зависимости от

стороны освещения структуры. При освещении со стороны n-ZnO:Al максимум соответствует длине волны 630 нм, а при освещении со стороны n-Si максимум спектральной зависимости соответствует длине волны 827 нм. Это позволят использовать такую структуру для разных диапазонов длин волн.

У органической электроники есть ряд преимуществ относительно неорганических материалов, а поскольку химическая промышленность активно развивается, появляться возможность синтеза материалов с любыми необходимыми свойствами.

В данной работе рассмотрено несколько светочувствительных структур, выполненных на органическом материале фталоцианине меди. У всех структур наблюдается, что спектр поглощения охватывает диапазон видимого излучения, а максимум в красной области спектра. Наиболее простой с точки зрения технологии изготовления является первая структура с КПД= 0,01 %, на практике такую структуру можно использовать в качестве солнечных батарей.

Список литературы:

1. Паращук Д. Ю., Кокорин А. И. Современные фотоэлектрические и фотохимические методы преобразования солнечной энергии // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). — 2008, т. LII, № 6. — С. 107-117.

2. Игольчук Г. А., Климова Н. В., Коньков О. И. и др. Фоточувствительность структуры на основе монокристаллического кремния и фталоцианина меди (CuPc). Получения и свойства. Физика и техника полупроводников. — 2004, т. 38, вып. 9. — С. 1056-1060.

Исследование характеристик излучения лазера на парах металлов

Е. А. Смирнов, А. С. Киселев, А. В. Плотников

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Наиболее ярким представителем лазеров на парах металлов является гелий-кадмиевый (He-Cd) лазер [1]. Он способен генерировать непрерывное когерентное излучение в синей и ультрафиолетовой областях спектра. He-Cd-лазеры используются в полиграфии, голографии, спектроскопии и т. п. Однако, серьезным недостатком He-Cd-лазеров является высокий уровень нестабильности когерентной мощности излучения. Уровень колебаний зависит от разрядного тока, давления гелия, геометрии разрядного промежутка, концентрации паров кадмия [2].

Существенное влияние на выходную мощность He–Cd-лазера оказывает

температура испарителя, определяющая давление паров Cd в положительном столбе разряда. Первоначально рост концентрации по мере повышения температуры испарителя сопровождается возрастанием выходной мощности из-за увеличения числа излучающих частиц Cd^{+*}. Дальнейшее увеличение концентрации легкоионизируемого Cd приводит к снижению электронной температуры и градиента потенциала в положительном столбе. Механизм температурного снижения энергии электронов состоит в том, что по мере увеличения растет и число ионов Cd^{+}, вовлекаемых в процесс компенсации отрицательного объемного заряда электронов в плазме [3].

Собственные колебания тока разряда определяются многообразием процессов взаимодействия частиц в плазме, а также взаимодействием внешней электрической цепи и разряда в целом. К числу таких колебаний относятся реактивные (релаксационные) колебания, страты, колебания двойного слоя и катодные колебания. Реактивные колебания (десятки — сотни килогерц) проявляются при малых, предобрывных токах разряда, соответствующих большой крутизне падающей вольт-амперной характеристики разряда и усиливаются при возрастании паразитной емкости «катод — анод» [4]. Страты, или слоистые колебания, обусловлены несовпадением по длине разряда максимумов ионизации и возбуждения атомов. В результате возникают пространственные слои (ионизационные волны) с повышенной концентрацией либо ионов, либо возбужденных атомов. Слои, как правило, перемещаются с большой скоростью вдоль оси разряда, образуя бегущие страты, усиливающиеся от катода к аноду. Страты не только модулируют ток и излучение во времени, но и делают разряд пространственно неоднородным. В He–Cd-лазе-ре чаще присутствуют не регулярные страты — колебания на одной частоте, а шумовые, спектр которых включает большое число гармоник. Разностные частоты гармоник попадают в низкочастотную область (до 80 — 100 кГц) и сильно модулируют когерентное излучение с амплитудами от единиц до десятков процентов, формируя спектр вида $1/F$. В He–Cd-разряде условия, обеспечивающие максимальное усиление активной среды, одновременно являются благоприятными и для существования интенсивных страт.

Методика исследования сводится к изучению спектров и зависимостей когерентной колебательной мощности для различных физических параметров лазера и выявлению причин возникновения шумов He-Cd-лазеров, что позво-

ляет сделать предположения возникновения шумов в излучении лазера. В работе произведено исследование спектров колебаний когерентной мощности излучения в совокупности с исследованием спектра колебаний тока разряда, а также спектров бокового спонтанного излучения в процессе вхождения лазера в рабочий режим. Исследование спектров спонтанного излучения производилось при помощи малогабаритного спектрометра, изучение подводилось через оптоволокно. Было установлено, что интенсивность линий излучения кадмия и гелия с течением времени изменяется, имеет место переходный процесс. С момента включения лазера интенсивность линий гелия примерно постоянна. Далее наблюдается спад, соответствующий времени начала испарения кадмия. Можно заметить, что колебания интенсивностей излучения гелия и кадмия совершаются в противофазе.

Список литературы:

1. Пихтин А. Н. Квантовая и оптическая электроника. — М.: Абрис, 2012.
2. Смирнов Е. А. Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010.
3. Смирнов Е. А., Черниговский В. В. Физические основы лазеров и их типы: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2005.
4. Киселев А. С., Смирнов Е. А. Исследование вольт-амперных характеристик лазеров тлеющего разряда // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — 2015. № 6. — С. 3-6.

Перестраиваемый жидкостный лазер на основе органических красителей

Е. И. Попов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Современные промышленные и научные технологии сегодня трудно представить без лазерных установок, которые нашли широкое применение в самых различных областях науки и техники. Одними из наиболее применяемых лазеров являются газовые и твердотельные лазеры. Не так часто применяемые жидкостные лазеры, вместе с тем обладают рядом преимуществ, среди которых: легкость получения активной среды и изменения ее состава, устойчивость среды к разрушению (в отличие от твердотельного лазера), высокая концентрация рабочего вещества (в отличие от газового лазера), возможность прокачки и, следовательно, легкость охлаждения, оптическая однородность.

Большой интерес представляют лазеры на основе органических красителей, прежде всего потому, что в них существует возможность реализации плавной перестройки длины волны. Различные по типу красители позволяют перестраивать длины волны генерации в диапазоне до нескольких десятков нанометров. При этом сохраняется высокая степень монохроматичности излучения (до 1,5 МГц) [1].

В качестве красителя в проектируемом лазере используется органический краситель родамин 6G, относящийся к группе аминоксантеновых красителей. Данный выбор был обусловлен самой высокой выходной мощностью люминесценции по сравнению с другими красителями, а также широким спектральным диапазоном перестройки (570 — 650 нм).

Методика создания жидкостного лазера на основе органического красителя родамин 6G заключается в следующем:

1) экспериментальный подбор концентрации красителя, целью которого является получение максимального флуорисцентного свечения прохождении луча через емкость с раствором красителя. Установлено, что наиболее эффективной является концентрацией 0,04 мг/мл, дающая наибольшую величину яркости излучения;

2) сборка кюветы для активного вещества на основе стеклянной трубки внутренним диаметром 4 мм и наружным — 6 мм. Длина кюветы составляет 200 мм;

3) создание механизма прокачки активного вещества по замкнутому контуру на основе миниатюрного электрического насоса. Это обеспечит эффективный отвод излучивших молекул органического красителя и улучшит охлаждение системы;

4) сборка и юстировка лазерного резонатора на основе полусферических диэлектрических многослойных зеркал;

5) настройка системы накачки на основе полупроводникового лазера с длиной волны излучения 530 нм;

6) создание системы перестройки частоты лазерного излучения на основе диспергирующего элемента, в роли которого выступает дифракционная решетка.

В настоящее время проводятся исследования, направленные на увеличение мощности лазерного излучения. В частности, оптимизируется скорость прокачки рабочего вещества, параметры системы накачки, характеристики ре-

зонатора и кюветы. В дальнейшем планируется замена красителя на коллоидные квантовые точки различного типа [2-5].

Список литературы:

1. Пихтин А. Н. Квантовая и оптическая электроника. — М.: Абрис, 2012. — 656 с.
2. Тарасов С.А, И.И. Михайлов, Е.М. Степанов, Д.В. Вылегжанин, М. О. Гуревич, Л. И. Козлович, А. В. Корнеева, П. О. Тадтаев, А.В. Соломонов. Люминесцентные свойства структур, содержащих массивы коллоидных квантовых точек CdS, CdSe/ZnS и CdZnSeS/ZnS // Нано- и микросистемная техника. — 2016. — Том 18, №9. — С. 558-562
3. S.A. Tarasov, O.A. Aleksandrova, I. A. Lamkin, A.I. Maksimov, E.V. Maraeva, I. I. Mikhailov, V.A. Moshnikov, S.F. Musikhin, S. S. Nalimova, N. V. Permyakov, Yu. M. Spivak, and P. G. Travkin. Luminescence Properties of Si-Containing Porous Matrix–PbS Nanoparticle Systems // Semiconductors. — 2015. — Vol. 49, No. 13. — P. 1710–1713.
4. I. I. Mikhailov, S. A. Tarasov, I. A. Lamkin, M. Y. Andreev, A. V. Solomonov. The luminescence properties of colloidal quantum dots // Journal of Physics: Conference Series 643 (2015) 012080.
5. I. I. Mikhailov, S. A. Tarasov, A. V. Solomonov, O. A. Aleksandrova, L. B. Matyushkin, D. S. Mazing. The study of CdSe colloidal quantum dots synthesized in aqueous and organic media // Journal of Physics: Conference Series 572 (2014) 012029.

Моделирование спектров излучения газоразрядной плазмы

А. Н. Рамазанов, А. А. Павлова, Д. К. Кострин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Эффективность применения методов оптической спектроскопии для контроля ионно-плазменных процессов зависит от параметров исследуемой системы [1]. Состояние плазмы, находящейся в термодинамическом равновесии, может быть описано с использованием ряда макроскопических параметров без детального рассмотрения микроскопических процессов. В таком случае, для описания состояния вещества и свойств излучения могут использоваться законы статистической механики.

В лабораторных условиях принято говорить о локальном термодинамическом равновесии. В случае малого объема плазмы значительная часть излучения покидает объем без поглощения, спектральная плотность излучения не подчиняется закону Планка, а процессы возбуждения не могут быть в полной

мере описаны распределением Больцмана. Однако, в случае высокой электронной плотности, когда столкновения с электронами определяют процессы возбуждения, релаксации и рекомбинации предположения локального термодинамического равновесия могут использоваться.

Рассмотрим моделирование спектров излучения плазмы для визуального определения ее параметров. Для построения спектров в данной работе будет использоваться распределение Больцмана в предположении локального термодинамического равновесия [2]. В дальнейшем полученные данные умножаются на функцию, моделирующую уширение спектральных линий. Реальные спектры излучения плазмы, с которыми сравнивались моделированные, были получены с использованием универсального оптического спектрометра ISM3600, разработанного в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» [3]. Для управления прибором и анализа спектров использовалось программное обеспечение Aspect2010.

Рассмотрим спектр излучения плазмы в процессе нанесения титанового покрытия с использованием вакуумно-дугового источника плазмы [4], в котором обнаруживаются спектральные линии, соответствующие как атомарному титану, так и его ионам. На рис. 1 приведены реальный спектр излучения плазмы, а также моделированный с использованием данных из базы NIST для атомов и ионов титана при электронной температуре 1 эВ.

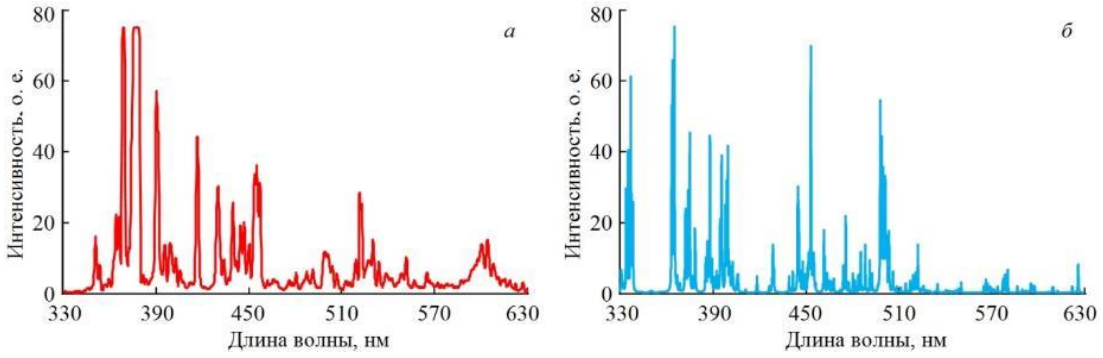


Рис. 1. Спектры излучения плазмы вакуумно-дугового разряда при распылении титанового катода: а — реальный; б — моделированный

В базе NIST в рассмотренном диапазоне длин волн атомарному титану Ti I соответствуют 360 линий, ионам титана Ti II, Ti III и Ti IV — 205, 121 и 8 линий соответственно. Спектральные линии четырехзарядного иона титана лежат в УФ-области, вне рассмотренного диапазона.

Проведенные исследования показывают, что в реальной системе имеется сложное взаимодействие частиц, образующих плазму, таким образом, мо-

делированные спектры не могут в полной мере отражать реальное распределение излучения по длинам волн. Однако можно отметить, что моделированные спектры могут значительно облегчить идентификацию элементов, входящих в состав плазмы.

Список литературы:

1. Быстров Ю. А., Кострин Д. К., Лисенков А. А. Спектрометрический анализ состава плазменного потока вакуумно-дугового разряда // Вакуумная техника и технология. — 2014. Т. 23, № 1. — С. 164–166.

2. Plasma spectroscopy analysis technique based on optimization algorithms and spectral synthesis for arc-welding quality assurance / J. Mirapeix, A. Cobo, D. A. Gonzalez, J. M. Lopez-Higuera // Optics Express. — 2006. Vol. 15, № 4. — P. 1884–1897.

3. Kostrin D. K., Uhov A. A., Lisenkov A. A. Optical spectrometry in the diagnosis of ion-plasma processes: Control of the coating deposition process and thickness // Vakuum in Forschung und Praxis. — 2016. Vol. 28, № 3. — P. 34–37.

4. Technological Capabilities of Vacuum Arc Plasma Sources: Plasmochemical Synthesis of Nitride Compounds / Yu. A. Bystrov, N. Z. Vetrov, A. A. Lisenkov, D. K. Kostrin // Vakuum in Forschung und Praxis. — 2014. Vol. 26, № 5. — P. 19–23.

Разработка автоматизированного устройства для измерения вольт-амперных характеристик зонда Ленгмюра

С. А. Ситнов

Санкт — Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Для определения основных параметров разряда магнетрона (энергия и концентрация частиц) используется зонд Ленгмюра [1-4]. Целью данной исследовательской работы является измерение вольт-амперных характеристик зонда Ленгмюра с использованием разработанного автоматизированного устройства.

Электрическим зондом называется металлический электрод малых размеров, который вносится в исследуемую часть плазмы. Измерения производятся в фиксации электронного и ионного тока в зависимости от приложенного потенциала [1].

Достоинством зондового метода является локальность измеряемых характеристик. Также, быстроту получения должного результата помогает обеспечить простота используемой аппаратуры. Число измеряемых параметров и диапазоны их измерений очень велики, что не имеют аналогов среди других

методов диагностики. Эти качества обеспечивает востребованность метода с начала изучения газоразрядной плазмы по настоящее время [2].

Основой автоматизированного устройства выступает аппаратно-вычислительная платформа «Arduino». Основная задача заключается в том, чтобы спроектировать и изготовить прибор, который позволяет автоматизировать процесс измерения зондовых характеристик. Связь данного контроллера с универсальной платформой «LabVIEW» позволит удобно отображать полученные данные и максимально упростит обработку полученных данных [3].

В рамках проделанной работы было создано измерительное устройство с соответствующим вспомогательным оборудованием. Напряжение питания зонда составляет от - 35 В до + 35 В. Разработан специализированный управляемый высокоточный источник постоянного напряжения, который связан с микроконтроллером. В целом, данная система позволяет управлять выходным напряжением, подаваемым на нагрузку (зонд), обеспечивая протекания тока в цепи от 0.1 мА до 15 мА. Этот источник напряжения подключается к нагрузке через модуль реле, при этом в системе имеется обратная связь для обеспечения точности установки выходного напряжения. Таким образом, проверяется зависимость напряжения от подаваемого сигнала с микроконтроллера. Подаваемое напряжение измеряется при помощи схемы делителя напряжения и усилителя сигнала на основе операционного усилителя. Также, экспериментальным путем была получена ступенчатая зависимость напряжения от времени. Длительность одной измерения на каждом шаге (1 В) составляет не более 10 мс, таким образом, время всего эксперимента, с учетом переключения, будет составлять, примерно, 3 секунды.

Данное устройство имеет широкое практическое применение при диагностике параметров разряда магнетрона при работе в разных режимах (в том числе высокомощное магнетронное распыление). На основе данного устройства возможно создания нового направления лабораторных работ по изучению параметров разряда магнетрона.

Список литературы:

1. K. Popov, P. Ivanova, M. Dimitrova. Langmuir probe measurements of the electron energy distribution function in magnetized gas discharge plasmas // Plasma Sources Science & Technology. — 2012. V. 21. — P. 025004.

2. Robert L. Merlino. Understanding Langmuir probe current-voltage characteristics // American Association of Physics Teachers. — 2007. V. 75. — P. 1078-1085.

3. A. Bustos, A. Juarez, J. Urquijo. An automated Langmuir probe controller for plasma characterization // Measurement Science and Technology. — 2016. V. 27. — P. 087002.

4. K. E. Evdokimov, M. E. Konishchev, S. Chzhilei. Langmuir Probe Study of Reactive Magnetron Discharge Plasma in a Three-Component Gas Atmosphere // Instruments and Experimental Techniques. — 2016. V. 6. — P. 44 — 49.

Химический состав магнетронных пленок нитрида титана

Р. С. Тюрин, А. А. Козин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

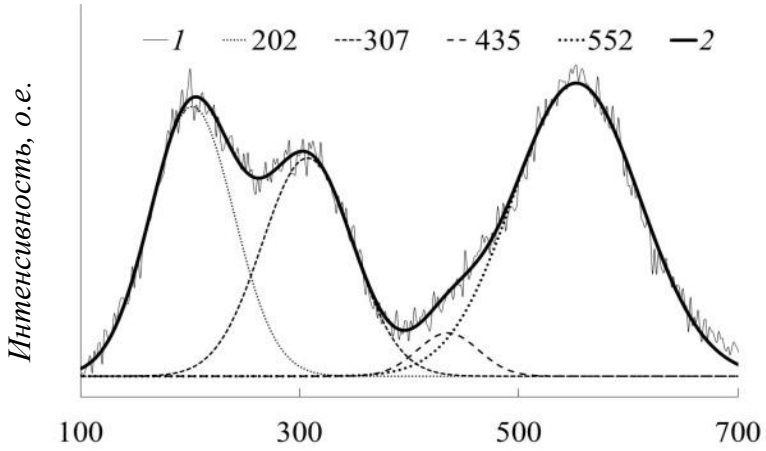
Метод комбинационного рассеяния света (КРС) был применен для исследования химического состава пленок нитрида титана (TiN). Измерения выполнены на спектометре LabRam HR800, регистрировавшего спектры КСР при температуре 293 K. Источником возбуждения служил Nd: YAG-лазер, работающий на второй гармонике (длина волны излучения 532 nm). Лазерный луч был сфокусирован на поверхности пленки объективом с увеличением ×100 в пятно диаметром ~1…2 μm. Плотность мощности излучения устанавливали не более 5 kW/cm^2 для того, чтобы избежать влияния на исследуемые образцы теплового лазерного воздействия.

Для совершенных кристаллов TiN, которые обладают гранецентрированной кубической решеткой, комбинационное рассеяние света первого порядка запрещено. Однако известно, что при наличии точечных дефектов структурное совершенство кристаллов ослабляется, вследствие чего становится возможным процесс комбинационного рассеяния света. Существование комбинационного рассеяния первого порядка в исследуемых образцах говорит о наличии точечных дефектов, которые присутствуют даже в стехиометрических образцах TiN.

Полосы с максимумами около 200 и 310 см$^{-1}$ соответствуют поперечным (TA) и продольным (LA) акустическим фоновым модам, соответственно. Их связывают с колебаниями тяжелых атомов титана. Акустические колебания второго порядка (2A) соответствуют полосе с максимумом вблизи 440 см$^{-1}$. Оптическая фоновая мода (TO), связанная с колебаниями легких ионов азота, соответствует полосе с максимумом вблизи 550 см$^{-1}$.

На рис. 1 представлено моделирование спектра КРС одного из образцов с использованием колебательных состояний TiN, где спектр, описываемый линией 2, отражает результат моделирования. В таблице приведены полученные

данные при моделировании спектров трех образцов.



Рамановский сдвиг, см$^{-1}$

Рис. 1. Спектр КРС образца 2 и результат его моделирования: 1 – измеренный спектр; 202, 307, 435, 552 – центры полос поглощения; 2 – модель.

Полученные в результате проведения экспериментов данные в основном согласуются с известными результатами для пленок нитрида титана. Было выявлено, что структура пленок TiN имеет поликристаллическую структуру, на что указывает большая ширина линий.

Спектры разных образцов пленок TiN имеют мало различий, одними из которых являются фоновая составляющая и общая интенсивность полос в спектре. Снижение общей интенсивности спектра может быть связано с уменьшением толщины, или изменением оптических параметров пленки.

Исследование проводится при поддержке РНФ (грант 15-19-00076).

Список литературы:

1. Левицкий В.С., Шаповалов В.И., Комлев А.Е. и др. // Письма ЖТФ. 2015. Т. 85, Вып. 22. С. 55–60 (Levitskii V.S., Shapovalov V.I., Komlev A.E. et al. // Techn. Phys. Lett. — 2015. V. 41. — P. 1094–1096.

2. V.K. Pecharsky & P.Y. Zavalij // Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials. 2 ed., Springer, 2009. — P. 12-25.

3. Lapshin A.E., Levitskii V.S., Shapovalov V.I., Komlev A.E., Shutova E.S., Myl'nikov I.L., Komlev A.A. // Composition and Structure of Copper Oxide Films Synthesized by Reactive Magnetron Sputtering with a Hot Target // Glass Phys. Chem. 2016. V. 42, No. 4. P. 359–362.

Устройство формирования импульсов для исследования характеристик проводимости специализированных плёночных структур

А. А. Ухов, С. В. Шаповалов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический универстет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

В настоящее время большой интерес вызывают идеи применения эффекта переключения сопротивления в устройствах энергонезависимой памяти нового поколения. Данный эффект наблюдается в структурах металл/изолятор/металл при пропускании через структуру сквозного тока или при увеличении напряженности электрического поля. Такие особенности выше упомянутых структур как высокое быстродействие, низкое энергопотребление процедуры записи информации и способность их к многоуровневым состояниям дает основание предположить, что в будущем данные структуры способны заменить флэш-память [1].

Для исследования эффектов переключения и характеристик проводимости МОМ-структур (металл/оксид/металл) необходимо изучить зависимость сопротивления от величины, полярности и длительности электрического воздействия на нее. Для этих целей был разработан прибор, способный генерировать произвольную импульсную последовательность положительной и отрицательной полярности и измерять сопротивление исследуемой структуры.

Для формирования импульсов в устройстве используется генератор постоянных напряжений, состоящий из цифроаналогового преобразова-теля и четырех операционных усилителей, которые генерируют два потен-циала положительной полярности (от 0 до +10 В) и два потенциала отрицатель-ной полярности (от 0 до -10 В). Каждый канал поочередно подключается к исследуемому объекту. С целью получить на выходе фронты импульсов с длительностью не более 25 нс, положительный и отрицательный каналы буферезированы быстродействующими уселителями.

Измерение тока, протекающего через структуру, производится во время действия одного из положительных импульсов и одного из отрицательных импульсов. По результатам измерения тока с учетом установленной амплитуды производится вычисление сопротивления объекта. Уровни напряжений и длительности импульсов устанавливаются в разработанном для устройства программном обеспечении (ПО) на ПК, связанным с прибором через интерфейс

USB. Данный подход расширяет возможности настройки импульсной последовательности и делает этот процесс максимально удобным. Результаты измерений можно вывести на монитор ПК, либо сохранить в текстовый файл для дальнейшей обработки сторонним ПО.

Необходимая точность измерения обеспечивается использованием 24 битного, высокоскоростного АЦП и прецизионных операционных усилителей с низким (4 мкВ максимум) напряжением смещения.

В устройстве предусмотрен быстродействующий усилитель сигнала через исследуемую структуру для подключения запоминающего осциллографа с целью исследования времени реакции структуры на импульсы возбуждения. Поскольку данный усилитель может вносить искажения в значение сопротивления исследуемого образца, то он применяется исключительно для оценки скорости реакции образца на внешнее воздействие. Усилитель подключается к образцу механическим переключателем и в основном процессе измерения не используется.

Структурная схема устройства представлена на рисунке 1.

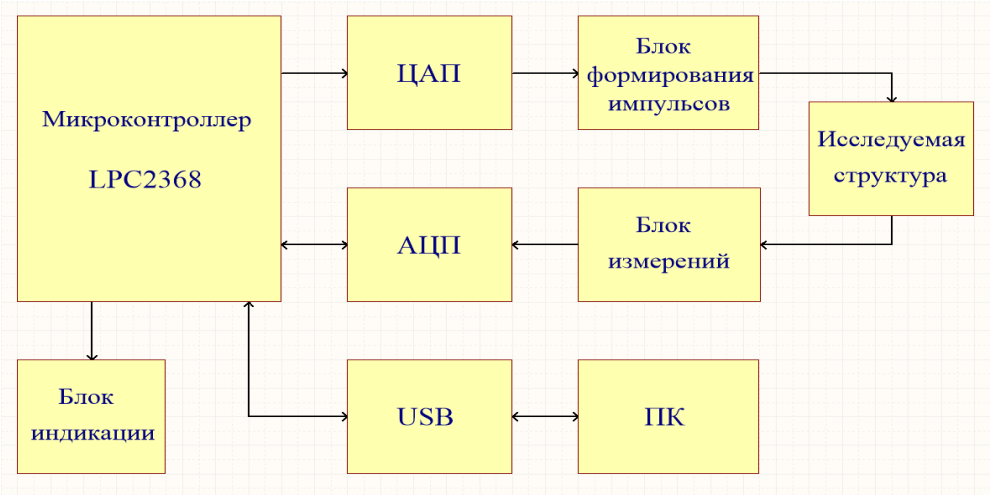


Рис. 1. Структурная схема устройства

Устройство питается от сети 220 В, источник питания выполнен на основе AC/DC преобразователя и линейных стабилизаторов напряжения. Также добавлены светодиоды для индикации режимов работы — исправность работы, передача данных, превышение тока, проведение измерений.

Список литературы:

1. Tsuyoshi H., Kazuya T. Atomic switch: atom/ion movement controlled devices for beyond von-Neumann computers. — Advanced Material, 2012. — P. 252 — 267 c.

Исследование дельта-легированных слоев в CVD-алмазе

Л. М. Шестакова, В. А. Лукашкин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Дельта-легированные слои (дельта-слои) важны для широкозонных материалов, так как обеспечивают высокую концентрацию примеси в узкой области и высокую среднюю подвижность дырок в эпитаксиальном слое. Контроль геометрического положения и концентрации носителей в дельта-слое мы осуществляли с помощью методов емкостной спектроскопии. Она давно и обоснованно зарекомендовала себя как эффективный метод контроля и диагностики концентрации примеси и основных носителей заряда в полупроводниковых структурах [1]. В основе измерения вольт-фарадных характеристик (ВФХ) лежит сканирование образца границей области объемного заряда (ООЗ). Для полупроводников с равномерным легированием эти измерения приводят к однозначным и достоверным значениям концентрации. Однако для структур с резким градиентом концентрации носителей заряда типа квантовых ям и, в особенности, дельта-легированных слоев, измерения и интерпретация ВФХ сталкиваются с серьезными проблемами из-за локальности анализируемого участка. Так, дельта-слой может находиться внутри ООЗ при нулевом смещении на контакте Шоттки и всех доступных обратных смещениях, или наоборот, он может располагаться вне области ООЗ во всем интервале возможных приложенных смещений.

Нами проводились измерения дельта-слоев в полупроводниковом алмазе с помощью автоматизированного комплекса спектроскопии адмиттанса на базе LCR-метра Agilent E4980A, контроллера температуры LakeShore 331S и гелиевого криостата замкнутого цикла Janis CCS400/204N, который позволяет проводить измерения в диапазоне температур от 15 до 450 К. Из-за неполной ионизации примеси в широкозонных полупроводниках заряд под выпрямительным барьером собирается с различной глубины в зависимости от температуры измерения, и теорема Гаусса оказывается удобным помощником для оценки ширины ООЗ. Практическая значимость разработанного метода анализа структур заключается в том, что расчет, базирующийся на основе этой теоремы, позволяет прогнозировать необходимые концентрации примеси и положение дельта-слоя в полевых транзисторах, в которых он используется в качестве встроенного канала.

Чтобы измерять такие структуры, необходимо прогнозировать положение границы области объемного заряда и ее трансформацию в зависимости от приложенного смещения. Это положение, очевидно, также зависит от распределения встроенного заряда (профиля концентрации носителей заряда) и температуры. Если дельта-слой находится слишком близко к поверхности, слабо легирован или фоновая концентрация примеси мала, то заряд дельта-слоя и прилегающих участков оказывается слишком мал, чтобы скомпенсировать приложенное напряжение, и дельта-слой оказывается внутри ООЗ. При измерении широкозонных полупроводников существенную роль играет также неполная ионизация примеси. Повышение температуры увеличивает степень ионизации примеси, при этом увеличивающийся заряд может стать достаточным для того, чтобы граница ООЗ проходила через дельта-слой в ходе измерений [2].

Таким образом, впервые методами емкостной спектроскопии выполнено профилирование концентрации носителей в CVD-алмазе с дельта-слоем бора. Определена концентрация носителей в дельта-слое и проанализированы условия наблюдения дельта-слоев методами емкостной спектроскопии.

Список литературы:

1. Зубков, В. И. Диагностика полупроводниковых наногетероструктур методами спектроскопии адмиттанса Текст.: эл. учебное пособие. / В. И. Зубков. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. — 162 с.

2. На пути к дельта-легированному полупроводниковому алмазу / В. И. Зубков, М. Ф. Панов, А. В. Афанасьев и др. // Нано- и микросистемная техника. — 1998. — № 12 (185). С. 22.

Физико-химическая модель высокомощного реактивного распыления металлической горячей мишени в азотосодержащей среде

Д. А. Яшенькина, В. В. Смирнов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Пленки нитрида титана находят широкое применение в разных приборах и устройствах, например, в качестве диффузионных барьеров и токопроводящих слоев [1]. Для их изготовления часто применяют метод реактивного магнетронного распыления. В последнее время, многие исследователи изучают

магнетронные распылительные системы с горячей мишенью. Для исследований в данном направлении была разработана физико-химическая модель реактивного распыления металлической мишени в среде реактивного газа. Данная модель позволит более качественно подобрать технологические параметры при выращивании тонких многокомпонентных пленок. Этот выбор усложнен особенностью работы металлической мишени в реактивной среде.

При создании модели были принят ряд допущений:

1) неизотермические условия поверхностей: температура мишени T_t зависит от плотности ионного тока J_+, (или плотности мощности, выделяемой на мишени), стенка и подложка имеют постоянные температуры T_w и T_s, соответственно;

2) в условиях газового разряда на всех поверхностях возникает нитрид M_mN_n. Плазмохимическую реакцию формирования M_mN_n на возбужденной поверхности мишени и поверхностные химические реакции на подложке и стенке задаем единым уравнением вида

$$M + \frac{n}{2m} N_2 \leftrightarrow \frac{1}{m} M_m N_n; \qquad (1)$$

3) на поверхности мишени конкурируют два процесса:

- формирование тонкого слоя соединения M_mN_nпо реакции (1);
- распыление и испарения слоя за счет бомбардировки атомами рабочего газа;

4) плотность испаренных частиц с поверхности задает уравнение Герца-Кнудсена:

$$F_{ev} = \frac{p_0}{\sqrt{2\pi m_0 k T_t}}, \qquad (2)$$

где p_0 и m_0 — давление насыщенного пара и масса частицы материала (металла M или нитрида M_mN_n);

5) нагретая мишень является источником электронов (термоэлектронная эмиссия в соответствие с законом Ричарсона-Дэшмана):

$$J^-(T_t) = AT_t^2 \exp\left(-\frac{\varphi_t}{kT_t}\right), \qquad (3)$$

где $A \approx 120$ А·см$^{-2}$·К$^{-2}$; φ_t — работа выхода электронов для материала мишени; $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К — постоянная Больцмана;

6) ток разряда является суммой:

$$J = (1+\gamma)J_+ + J^-, \tag{4}$$

где γ — коэффициент ионно-электронной эмиссии; J_+– плотности ионного тока.

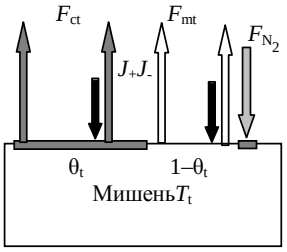


Рис. 1 Потоки на мишени

На рис 1. показаны потоки:

- азота, порождающего химическую реакцию (1):

$$F_{N_2} = \frac{p_{N_2}}{\sqrt{2\pi m_{N_2} kT_0}}; \tag{5}$$

- атомов металла (распыленные *sp* и испаренные *ev*)

$$F_{mt} = F_{mt}^{sp} + F_{mt}^{ev}; \tag{6}$$

- молекул нитрида (распыленные *sp* и испаренные *ev*)

$$F_{ct} = F_{ct}^{sp} + F_{ct}^{ev}; \tag{7}$$

Результаты решения уравнений, описывающих модель с учетом (2)–(7), подтверждаются экспериментально. Расчет по модели позволил определить более точные границы области переходного режима (гистерезис) в зависимости $p = f(Q_0)$ парциального давления азота от расхода потока азота. Представленная модель является универсальной и применима для любого бинарного соединения M_mX_n.

Исследование проводится при поддержке РНФ (грант 15-19-00076).

Список литературы:

1. Hopwood J. // Phys. Plasmas. 1998. V. 5. — P. 1624–1631.

НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ

Физико-химические свойства феррита на основе никеля модифицированного смесью ПВС: ГNa

О. В. Арнт, А. Х. Жакина, А. К. Амирханова, Е. П. Василец, Г. К. Кудайберген

Институт органического синтеза и углехимии Республики Казахстан, Караганда

В настоящее время магнитным наноматериалам уделяется повышенное внимание, связанное с наличием уникальных магнитных и сочетанию необычных физических свойств наночастиц, позволяющих эффективно использовать их в составе магнитоактивных сорбентов в экологии и в технологиях очистки природных и сточных сред [1]. Среди магнитных материалов, нашедших широкое технологическое применение, следует отметить ферромагнетики, они же ферриты.

Для получения феррита нами использован метод соосаждение [2] солей железа и никеля в присутствии гумата, реакционная смесь была добавлена к гидросуспензии гумата с поливиниловым спиртом почти одновременно и не отстаивалась. Морфологическая особенность структуры (рис.1) модифицированного феррита никеля изучена на растровом электронном микроскопе MIRA 3 фирмы TESCAN.

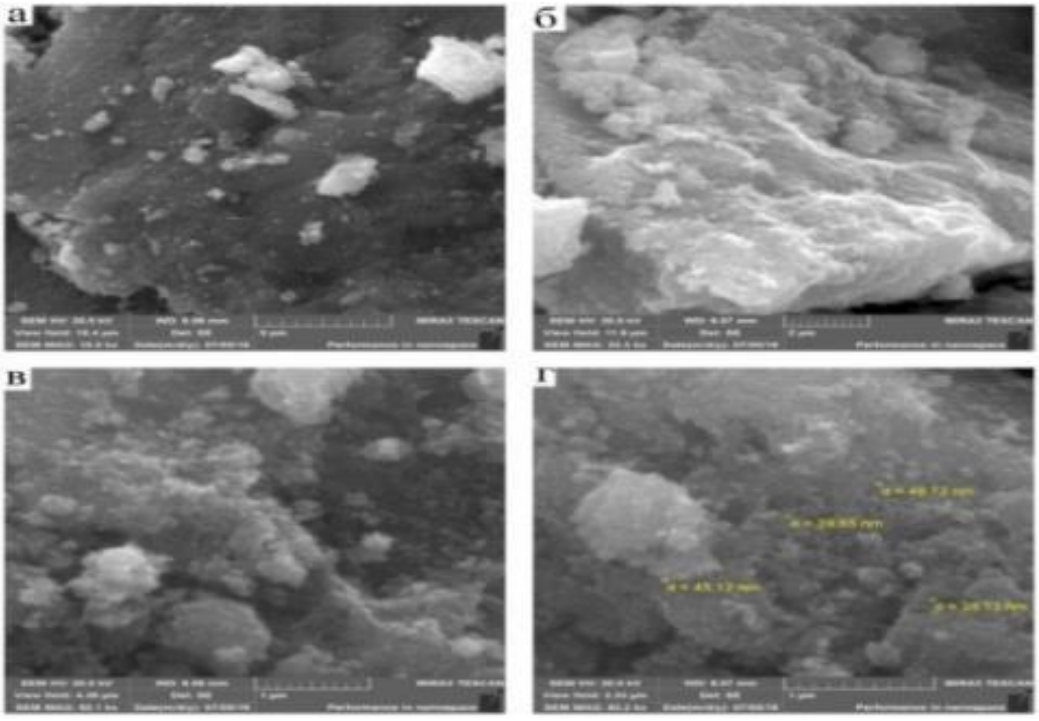


Рис.1. Электронно-микроскопические снимки $NiFe_2O_4$–ПВС–ГNa (осадитель - NH_4OH)

Видно, что наночастицы имеют сферообразную форму, с разным диаметром частиц, можно заметить как кристаллические зародышеобразования, так и крупные агломераты, размеры которых достигают до 49 нм.

Магнитные свойства модифицированного феррита $NiFe_2O_4$ изучены на магнитоизмерительном комплексе MPMS–XL–7 EC (Quantum Desing, США) с первичным преобразователем на основе СКВИД. На рисунке 2 показана зависимость намагниченности полученных поликомплексов от напряженности приложенного внешнего магнитного поля при 300 К, как видно, наноферрит содержит ферро- или ферримагнитную фазу. Коэрцитивная сила образца очень мала, что относит его к магнитомягким веществам. Нелинейность кривой намагничивания в области парапроцесса в наноферритных сорбентах указывает на содержание в них антиферромагнитной фазы, связанной с наличием различных оксидов железа и никеля. Феррит обладает спонтанной намагниченностью. Это обусловлено содержанием ферромагнитных фаз в составе комплекса.

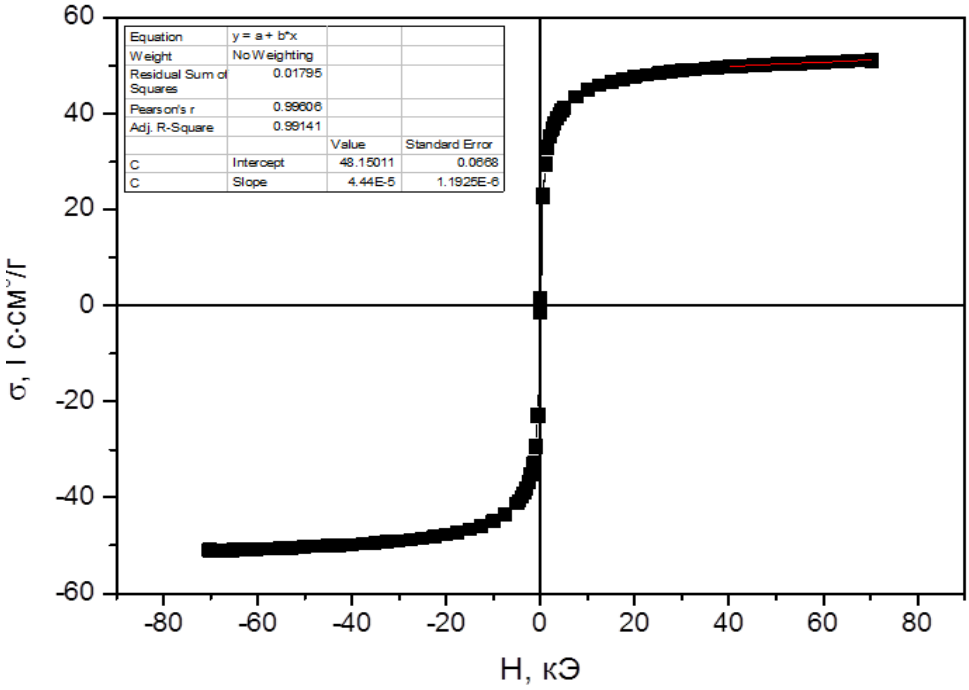


Рис. 2. Петля магнитного гистерезиса $NiFe_2O_4$–ПВС–ГNa (осадитель–NH_4OH)

Работа была выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан грант № 4864/ГФ4 с использованием оборудования Уральского центра коллективного пользования «Современные нанотехнологии» УрФУ.

Список литературы:

1. Квашевая Е.А., Ушакова Е.С. Пористые сорбенты, модифицированные частицами ферромагнетиков, для решения экологических проблем // Материалы молодежного научного семинара «Эколог — профессия будущего». — Кузбасс, 2014. — С. 210.
2. Алексашкин И.В., Першина Е.Д., Каздобин К.А. Оптимизация условий синтеза магнитной жидкости // Химические науки. Серия «Биология, химия». — 2010. — Т. 23, № 3. — С. 227-235.

Формирование тонких пленок оксида никеля методом SILAR

А. А. Александрова, Н. А. Лашкова, А. И. Максимов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

В настоящее время существуют проблемы исчерпания традиционных источников энергии и ухудшения экологии. Решению данных проблем уделяется большое внимание в промышленно развитых странах.

Использование солнечной энергетики позволило решить актуальные проблемы, поэтому развитие новой перспективной области фото-вольтаики — солнечных элементов на основе объемного гетероперехода, образованного оксидными полупроводниками n- и p-типа электропроводности — получило большой импульс во второй половине XX века. Источником энергии солнечного излучения являются термоядерные реакции, протекающие на Солнце. Поток мощности, излучаемый Солнцем в окружающее пространство, составляет 4·1023 кВт. Несмотря на то, что поток солнечной радиации, достигающей Земли, значительно меньше (1,2·1014 кВт), но даже эта величина значительно превышает ресурсы всех других возобновляемых источников энергии. Для примера, суммарная мощность всех электростанций России составляет 2,2·108 кВт [1].

Использование в качестве рабочих областей преобразователя тонких пленок оксидов металлов позволяет снизить стоимость получаемого элемента благодаря доступности реагентов, простоте и экономичности методов получения. Недостатком такого типа фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) является более низкий КПД, нежели у кремниевых. Однако ФЭП на основе тонких пленок оксидов металлов обладают рядом преимуществ: тонкие пленки не окисляются под влиянием внешнего воздействия; производство, использование и утилизация являются экологически чистыми [2].

В настоящее время оксиды металлов p-типа электропроводности представляют большой интерес благодаря своим полупроводниковым свойствам. Они нашли широкое применение в качестве активных областей фотовольтаических приборов, газовых сенсоров, проводящих электродов p-типа и др. [3, 4]

В данной работе были сформированы тонкие пленки оксида никеля (NiO). NiO — полупроводник с шириной запрещенной зоны Eg≈3,69 эВ, изменяющейся в зависимости от толщины пленки.

Среди методов формирования тонких пленок оксида никеля наиболее простым и экономичным методом является ионное наслаивание (SI-LAR — Successive Ionic Layer Adsorption Reaction — создание слоев путем адсорбционных реакций методом последовательных погружений) [3]. Данный метод представляет собой совокупность циклов, состоящих из повторяющихся этапов: адсорбции анионов или катионов из раствора на подложке, химической реакции, высушивании и промывки. В этой работе подложки помещались на 30 с в 0,1 М раствор, содержащий комплекс ([Ni(NH3)4]2+). Затем для формирования слоя оксида никеля подложки погружались в горячую воду (90 °C), далее сушились на воздухе в течение 1 мин, после чего погружались в дистиллированную воду комнатной температуры на 30 с.

Полученные слои были исследованы с помощью электронной и атомно-силовой микроскопии (АСМ). Растровая электронная микроскопия позволила получить представление о морфологии полученных тонких слоев. С помощью проводящих методик АСМ были получены вольтамперные характеристики (ВАХ) полученных тонких пленок.

Для создания объемного гетероперехода в качестве полупроводника n-типа электропроводности предполагается использование одномерных наноструктур (наностержней) оксида цинка, получение которых методом гидротермального синтеза описано в [5-8].

Список литературы:

1. Basu S., Antia H. M. Helioseismology and solar abundances // Physics Reports. 2008. V. 457. I. 5-6. — P. 217–283.

2. Shah A. Thin-film silicon solar cells. // EPFL Press, 2010. — 430 p.

3. Akaltun Y., Çayir T. Fabrication and characterization of NiO thin films prepared by SILAR method // Journal of Alloys and Compounds, 625 (2015) . — P. 144-148.

4. Nam W. J., Gray Z. et al. ALD NiO Thin Films As a Hole Transport-Electron Blocking Layer Material for Photo-detector and Solar Cell De-vices // ECS Transactions, 66 (1) . — P. 275-279 (2015).

5. Бобков А. А., Максимов А. И., Мошников В. А., Сомов П. А., Теру-ков Е. И. Наноструктурированные материалы на основе оксида цин-ка для гетероструктурных солнечных элементов // ФТП. 2015. 49 (10). — Р. 1402-1406.

6. Лашкова Н. А., Максимов А. И., Рябко А. А., Бобков А. А., Мошни-ков В. А., Теруков Е. И. Синтез наноструктур на основе оксида цинка для создания гетероструктурных фотовольтаических элементов // ФТП. 2016. Т. 50. № 9. — С. 1276-1282.

7. Lashkova N. A., Permyakov N. V., Maksimov A. I., Spivak Yu. M., Moshnikov V. A. Local analysis of semiconductor nanoobjects by scan-ning tunneling atomic force microscopy // St. Petersburg Polytechnic University Journal: Physics and Mathematics. 2015. № 1. — С. 15-23.

8. Бобков А. А., Лашкова Н. А., Максимов А. И., Мошников В. А., Налимова С. С. Получение гетероструктурных оксидных композиций для перспективных солнечных элементов нового поколения // ФТП. 2017, Т. 51, вып. 1. — С. 63-67.

Особенности сигнала спектроскопии импеданса газочувствительных перколяционных структур вблизи порога протекания

А. А. Бобков, С. С. Налимова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

В настоящее газовые сенсоры играют важную роль для контроля и защиты как окружающей среды, так и здоровья человека. Газовые сенсоры адсорбционного типа на основе оксидов металлов в течение нескольких десятилетий представляют научный и практический интерес и находят применение в различных областях: экологическом мониторинге, горном деле, в медицинской не инвазивной диагностике и других областях. Несмотря на их преимущества (таких как: широкий диапазон газовых компонент, низкая стоимость, малые размеры), у металлооксидных газовых сенсоров присутствуют недостатки, которые ограничивают их сферу применения. Основными недостатками металлооксидных сенсоров являются отсутствие селективности и малое значение газочувствительности. Один из возможных путей, позволяющих многократно увеличить газочувствительность, является создание газочувствительных слоев с перколяционной фрактальной структурой вблизи порога протекания [1-3].

Возможность получения высоких значений чувствительности в таких сенсорах вытекает из модельных соображений, описывающих изменение их

электрофизических свойств. Данное увеличение обусловлено не только обеднением концентрации носителей заряда на глубину Дебаевского экранирования, но и сокращением пути протекания тока.

В качестве наглядного объяснения эффекта резкого увеличения газочувствительности в структурах с перколяционным кластером может быть использован фрактал Мандельброта–Гивена. При размещении сенсорного материала в атмосферном воздухе происходит блокировка отдельных проводящих ветвей фрактала вследствие хемосорбции заряженного кислорода на его поверхности. Система стремится в состояние ниже порога протекания, но близкое к нему и характеризуется высоким значением сопротивления. При появлении молекул восстанавливающего газа происходят их адсорбция на поверхности материала и химическое взаимодействие с кислородом. Продукты реакции десорбируются с поверхности, приводя к разблокировке и сокращению путей протекания тока.

Если рассматривать строение перколяционного кластера и выделять ограниченные площади, то становиться очевидным, что условия близкие к порогу протекания буду возникать далеко не во всех газочувствительных элементах, поэтому актуальной задачей является разработка новых физико-химических методик аттестации таких объектов.

В данной работы описана разработанная методика на основе импедансной спектроскопии для аттестации газочувствительных структур с перколяционным кластером.

Физико-химическая особенность таких кластеров будет заключаться в появлении индуктивного характера отклика при низких частотах.

В работе приведены экспериментальные результаты по получению газочувствительных перколяционных сенсоров, полученных методами химического соосаждения.

Список литературы:

1. Карпова С. С. и др. Функциональный состав поверхности и сенсорные свойства ZnO, Fe2O3 и ZnFe2O4 //Физика и техника полупроводников. — 2013. — Т. 47. №. 3. — С. 369-372.

2. Бобков А. А. Анализ газочувствительных свойств бинарных и многокомпонентных систем с фрактально-перколяционной структурой // Молодой ученый. — 2015. — № 4. — С. 131-135.

3. Nalimova S. S., Bobkov A. A., Moshnikov V. A. Fractal structure and electrical properties of percolation sensor layers // Smart Nanocomposites. — 2016. — Т. 7. — № 1. — С. 21.

4. Бобков А. А. Исследование микроструктуры и сенсорных свойств наноструктурированных слоев оксида цинка // Молодой ученый. — 2014. — № 7. — С. 115-118.
5. Карпова С. С., Грачева И. Е., Мошников В. А. Об особенностях спектров полной проводимости сетчатых нанокомпозитных слоев на основе диоксида олова // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — 2010. — №. 4. — С. 3-7.
6. В. А. Мошников, С. С. Налимова, Б. И. Селезнев // Физика и техника полупроводников. — 2014. — Т. 48, Вып. 11. — С. 1535-1539.

Ограненные наностержни zno и гетероструктуры ZNo/CuI для будущей прозрачной (полупрозрачной) нано- и оптоэлектроники

А. Бобков, А. А. Иванова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

В последнее время прогрессивно развивающимся направлением современной науки и техники является создание и исследование изделий прозрачной и полупрозрачной микро- и наноэлектроники. Одним из материалов, использующихся в данном направлении является оксид цинка [1-6].

Оксид цинка является полупроводником, с шириной запрещенной зоны 3,37 эВ. Оксиду цинка присущи пьезо- и пироэлектрические свойства, а, используя особенности кристаллической структуры, можно эффективно управлять морфологией и размерами растущих нанообъектов.

Перспективным направлением использования оксидных материалов является гетероструктурная нано- и оптоэлектроника на основе ограненных наностержней ZnO. Создание гетероструктурных прозрачных солнечных элементов, позволить расширить сферу применения солнечных элементов.

В данной работе были получены гетероструктуры на основе наностержней оксида цинка и иодида меди. В качестве метода синтеза наностержней оксида цинка был использован гидротермальный метод. Данный метод позволяет эффективно управлять параметрами получаемых одномерных структур, а также является экологически чистым [7-9]. В качестве метода синтеза иодида меди был выбран метод ионного наслаивания из растворов.

Для получения одномерных структур оксида цинка, в качестве предслоя использовались наночастицы ZnO, которые наносились на подложку с проводящим слоем ITO методом «dip coating». В качестве ростового раствора использовался водный раствор, содержащий гексаметилентетрамин (ГМТА),

ацетат цинка и цетилтриметиламмоний бромид (CTAB). Образцы помещали в раствор и выдерживали в термостате при 85°C в течение 90 минут. По окончании процедуры, образцы промывали дистиллированной водой и сушили на воздухе.

После, на полученные образцы наносились пленки CuI методом ионного наслаивания. В качестве катионного прекурсора использовали водный раствор, содержавший $CuSO_4$ и $Na_2S_2O_3$. В качестве анионного прекурсора использовался NaI. Между каждыми этапами подложка промывалась в дистиллированной воде.

Полученные структуры исследовались методом растровой электронной микроскопии.

Список литературы:

1. Александрова О. А., Мошников В. А. Физика и химия материалов оптоэлектроники и наноэлектроники: практикум. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — 2007.
2. Александрова О. А. и др. Новые наноматериалы. Синтез. Диагностика. Моделирование (лабораторный практикум). — Санкт-Петербург, 2015.
3. Исследование микроструктуры и сенсорных свойств наноструктурированных слоев оксида цинка / Бобков А.А. — Молодой ученый. 2014. № 7. — С. 115-118.
4. Nalimova S.S et al. Fractal structure and electrical properties of percolation sensor layers // Smart Nanocomposites. 2016. Т. 7. № 1. — С. 21-26.
5. Spivak Y. M. et al. Surface Functionality Features of Porous Silicon Prepared and Treated in Different Conditions //Journal of Nanomaterials. — 2016. — Т. 2016.
6. Карпова С. С., Бобков А. А. Исследование газочувствительных оксидов металлов, полученных золь-гель методом //Молодой ученый. — 2012. — №. 9. — С. 21-25.
7. Lashkova N. A. et al. Synthesis of ZnO-based nanostructures for heterostructure photovoltaic cells //Semiconductors. — 2016. — Т. 50. — №. 9. — С. 1254-1260.
8. Bobkov A. A. et al. Zinc-oxide-based nanostructured materials for heterostructure solar cells //Semiconductors. — 2015. — Т. 49. — №. 10. — С. 1357-1360.
9. Бобков А. А. и др. Получение гетероструктурных оксидных композиций для перспективных солнечных элементов нового поколения //Физика и техника полупроводников. — 2017. — Т. 51. — №. 1. — С. 63-67.

Влияние плотности тока анодирования на энергетические характеристики поверхности слоев p-por-Si

Я. В. Букина, А. И. Пастухов, А. О. Белорус, Ю. М. Спивак

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

На современном этапе развития технологий пористый кремний (por-Si) является перспективным материалом для применения в таких областях как биомедицина, электроника, фотоника, диагностика и т. д. [1-3]. Стоит отметить, что для применения пористого кремния, особенно в медицине, свойства поверхности пористого кремния принципиально важны и могут значительно различаться по морфологии, составу и т.п. в зависимости от технологических условий получения [1, 4]. Правильно выбранные характеристики позволяют улучшить эффект инкапсуляции лекарственных препаратов на поверхность пористого материала, что непосредственно сказывается в дальнейшем применении.

В работе исследуются различные энергетические параметры поверхности пористого кремния p-типа электропроводности методом краевого угла смачивания. Образцы получены путем электрохимического анодного травления в электролите состава $HF:C_3H_8O:H_2O$ при различных заданных плотностях тока и времени анодизации. Расчет значений краевого угла смачивания производился при помощи специальной программы «Measurement of contact angle», основанной на среде программирования LabView [5]. Регистрация изображения производилась при помощи цифрового микроскопа. Погрешность оценки угла смачивания данным методом составляет 1-5 градусов. Расчет энергетических характеристик поверхности (работа адгезии, средняя энергия взаимодействия и средняя энергия парного взаимодействия) выполнен при помощи следующих соотношений [6]:

$$w_{1,2} \approx \frac{q_2}{2\pi}\left(\frac{\mu_2\rho_2^2}{N_A}\right)^{1/3}(1+cos\,\theta), \tag{1}$$

$$U_{1,2} = \frac{q_2\mu_2}{2\pi N_A}(1+\cos\theta), \tag{2}$$

$$V_{1,2} = \frac{q_2}{2N_A}\left(\frac{\mu_1^2\mu_2\rho_2^2}{\rho_1^2}\right)^{1/3}(1+\cos\theta), \tag{3}$$

где 1,2 — жидкая/твердая фаза, $\rho_{1,2}$ — плотность вещества, $\mu_{1.2}$ — молярная масса, $q_{1.2}$ — удельная теплота парообразования, θ — краевой угол смачивания. Полученные зависимости имеют нелинейный характер, что, скорее всего, связано с постепенным изменением морфологии поверхности. Заметное влияние технологических параметров выявлено при небольших плотностях тока и малом времени анодного электрохимического травления образцов пористого кремния.

Таким образом, варьируя технологические условия электрохимического травления, становится возможным регулировать энергетичекие параметры пористого кремния, которые, в свою очередь, связаны с гидрофильностью (гидрофобностью) материала. Подбор наиболее подходящих характеристик позволяет повысить эффективность процессов осаждения лекарственных средств на поверхность por-Si.

Список литературы:

1. Santos, H.A. Nanostructured porous silicon materials: Potential candidates for improving drug delivery / H.A. Santos, J. Hirvonen // Nanomedicine (Lond). — 2012. — Vol. 7, № 9. — P. 1281–1284.
2. Мошников В. А., Спивак Ю. М., Леньшин А. С. Пористый кремний и его применение в биомедицине. Глава 4 (с. 70-1116) в монографии «Исследование, технологии и использование нанопористых носителей лекарств в медицине» / Под ред. Акад. РАН В. Я. Шевченко, акад. РАН О. И. Киселева, проф. В. Н. Соколова. — СПб.: Химиздат, 2015. — 368 с.
3. Заграждающий фильтр видимого и ближнего ультрафиолетового диапазона для флуоресцентного микроскопа на основе явления плазмонного резонанса / Р. С. Смердов, В. В. Лобода, Ю. М. Спивак., В. А. Мошников. — НТВ СПбГПУ. ИТУ. — 2016. — Т. 3. — С. 13 — 22.
4. Yu. M. Spivak, S. V. Mjakin, V. A. Moshnikov, etc. Surface Functionality Features of Porous Silicon Prepared and Treated in Different Conditions // J. of Nanomaterials, 2016. Vol. 2016, Spec. is. ―Advances in Nanoporous Materials. Article ID 2629582, 8 pages.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014613394, Measurement of contact angel (MofCA) / А.О. Белорус, А. А. Комлев, — 26 марта 2014 г.
6. Исследование функциональных групп на поверхности пористого кремния с использованием метода проекции капли Стебко Д.С., Белорус А.О., Букина Я.В., Пастухов А.И. // Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe. — 2016. Т. 11. № 2. — С. 44-47.

Струнный акселерометр, технология получения, расчет параметров

К. А. Быков, В. Е. Каленов, А. В. Корляков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Струнный подвес обладает рядом преимуществ по сравнению с подвесом на балках. В первую очередь применение сверхтонких структур позволяет уменьшить концентрацию точечных дефектов. Что повышает относительную прочность конструкции с применением подвесов на струнах. Так как критическое значение механического напряжения зависит от толщины и величины дефектности структуры.

Конструкция изготовлена из кремния, в то время как для изготовления струны применяется нитрид кремния. Формирование подобной структуры происходит с помощью процесса двухсторонней литографии и последующего анизотропного жидкостного травление кремния. При этом нитрид кремния, из которого изготовлены струны, в процессе анизотропного травления играет роль «стоп-слоя». Это позволяет задавать величину внутренних механических напряжений в струнах, которые, в свою очередь, определяют величину перемещения инерционной массы и прочность конструкции преобразователя.

Общий вид конструкции первичного преобразователя с подвесом инерционной массы на струнах представлен на рис. 1.

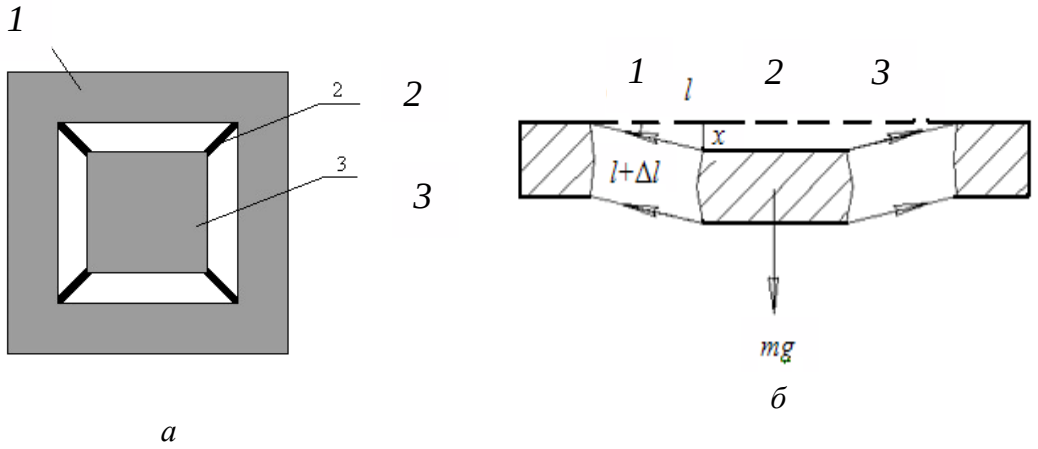


Рис. 1. Общий вид конструкции первичного преобразователя с подвесом инерционной массы на струнах: *а* — топология первичного преобразователя, *б* — параллельное смещение инерционной массы под действием ускорения, *1 — жесткое основание, 2 — струна, 3 — инерционная масса*

Для расчета конструктивных параметров и частотных характеристик первичного преобразователя с подвесом инерционной массы на струнах использовали теорию деформаций.

В этом случае получаем выражение для перемещения инерционной массы под действием ускорения:

$$x = \frac{mgl}{nhb\sigma_0}. \qquad (1)$$

Полученная формула соответствует требованиям линейности связи между величиной ускорения g и перемещением инерционной массы.

Чувствительность (к перемещению) такого микромеханического преобразователя определяется выражением:

$$S_{\text{ens}} = \frac{x}{g} = \frac{ml}{nhb\sigma_0}. \qquad (2)$$

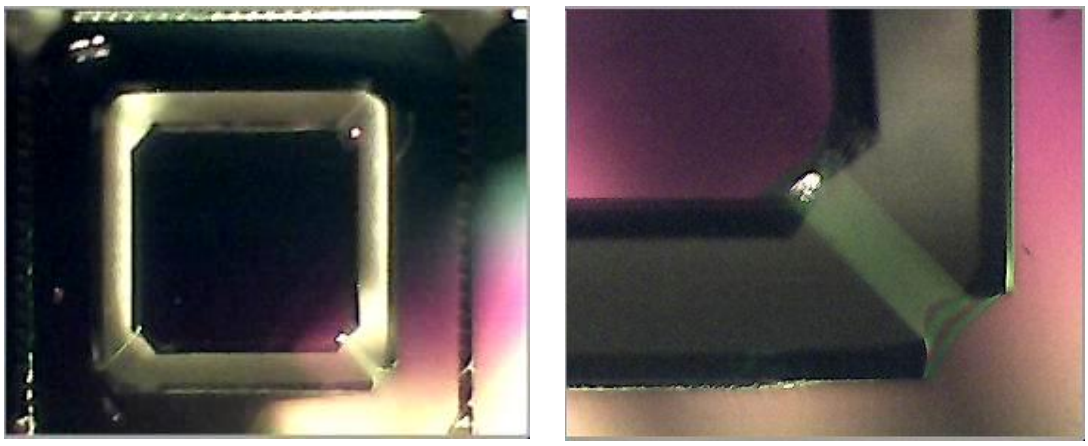
Резонансная частота f_0 собственных колебаний инерционной массы преобразователя рассчитывается по формуле:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{x}} \qquad (3)$$

Таким образом, необходимая резонансная частота задается путем подбора параметров системы (ширина, высота и длина струны, инерционная массу, число струн и начальное внутреннее напряжение струны). Также легко заменить взаимосвязь чувствительности и резонансной частоты:

$$S_{\text{ens}} f_0^2 = \frac{1}{4\pi^2}, \qquad (4)$$

что накладывает ограничения на допустимый выбор параметров преобразователя.



а *б*

Рис. 2. Фотографии: а — чувствительного элемента акселерометра; б элемента подвеса инерционной массы-струны из пленки Si_3N_4

Фотографии изготовленных струнных преобразователей и их элементов представлены на рис. 2.

Биметаллические Cu-Zn-композиты сополимеров анилина и *п*-анизидина: строение и электрокаталитические свойства

Е. А. Соболева, Я. А. Висурханова, Н. М. Иванова

Институт органического синтеза и углехимии РК, г. Караганда, Казахстан

В настоящее время большое внимание привлекают к себе полимеры, полученные на основе ароматических аминов, благодаря легкости их синтеза и возможности применения в разных областях техники. Среди этой группы полимеров значительный интерес представляют полианилин (ПАни) и его производные, материалы на основе которых перспективны для применения в молекулярной электронике, сенсорных устройствах, а также для придания коррозионной стойкости металлам и создания электропроводящих или антистатических покрытий.

В данной работе представлены результаты проведенных исследований строения и электрокаталитической активности биметаллических Cu-Zn-композитов сополимеров анилина и п-анизидина в электрогидрировании 2-бутин-1,4-диола (БД) с целью селективного получения промежуточного продукта гидрирования — 2-бутен-1,4-диола.

Сополимеры поли(анилин+*п*-анизидин) (ПАни+ППАД) были синтезиро-

ваны в результате окислительной полимеризации (окислитель — пероксидисульфат аммония) двух мономеров в соотношении 3:1 в солянокислой среде. Полученный сополимер при данном соотношении мономеров является наиболее стабильным в спиртово-водно-щелочной среде католита среди сополимеров с другими соотношениями мономеров. Методом *in situ* в сополимер были введены хлориды меди (II) и цинка (II) в соотношениях 1:1, 2:1, 3:1 и 1:2. Композиты ПАни+ПпАД+$CuCl_2$+$ZnCl_2$ были синтезированы без и с последующим выпариванием растворителя (воды). Содержание цинка и меди в фильтратах было определено методом атомно-эмиссионноой спектроскопии, результаты которой были учтены при определении содержания этих металлов в композитах.

Согласно рентгенофазовым анализам (РФА), в составах, синтезированных би- и соответствующих монометаллополимерных композитов присутствуют кристаллические фазы кристаллогидратов двойных солей — сульфатов соответствующих металлов и аммония, образующихся в среде окислительной полимеризации мономеров. После применения их для активации катода в электрогидрировании БД в составах монометаллических ПАни+ПпАД-композитов появляются кристаллические фазы меди и цинка в нуль-валентном состоянии. Фазовые составы биметаллических Cu-Zn-композитов после гидрирования БД определяются условиями синтеза этих композитов и содержанием в них каждого из металлов. При этом можно отметить, что на рентгенограммах биметаллических композитов практически отсутствуют пики, соответствующие кристаллическим фазам Zn^0, а в фазовом составе композита с большим содержанием цинка, чем меди, имеются только кристаллические фазы Cu^0 и ZnO.

На микроснимках композита ПАни+ПпАД+ $ZnCl_2$(1)+$CuCl_2$(1) (1:2) после гидрирования (рисунок 1) просматриваются кристаллические дендритные образования в форме веточек, а также отдельные мелкие кристаллиты (диаметром 50 — 170 нм) округлой или неправильной формы. Структура сополимера представляет собой хаотично связанные между собой нано-трубки или нановолокна (диаметром от 50 до 100 нм и больше), равномерно покрытые мелкими частичками диаметром 15 — 30 нм.

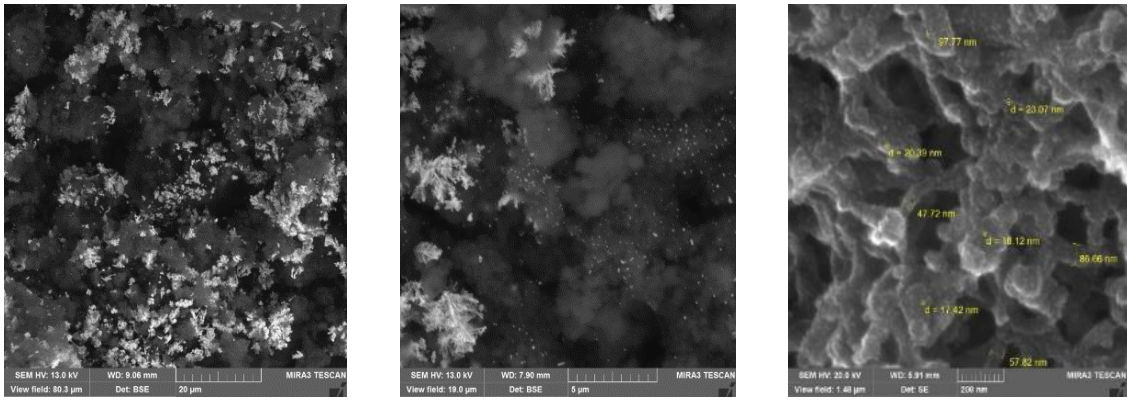


Рис.1. Микроснимки композита ПАни+ПпАД+$ZnCl_2$(1)+$CuCl_2$(1)(1:2) после гидрирования (сканирующий электронный микроскоп TESCAN MIRA 3LMU)

Синтезированные композиты ПАни+ПпАД+$CuCl_2$+$ZnCl_2$ применены для активации горизонтально расположенного медного катода в электрогидрировании БД в водно-спиртово-щелочной среде. Выполненными экспериментами установлено повышение скорости гидрирования вдвое (по сравнению с электрохимическим восстановлением БД на Cu-катоде) в случае использования композитов, приготовленных с выпариванием. Композиты, синтезированные без выпаривания, показали меньшую активность в этом процессе. При этом основным продуктом гидрирования на всех биметаллических композитах является 2-бутен-1,4-диол в *цис*-конформации.

Синтез и электропроводные свойства анилино-меламиноформальдегидных композитов с введёнными микро- и наночастицами Cu^0, Ni^0 и Co^0

Я. А. Висурханова, Е. А. Соболева, Н. М. Иванова

Институт органического синтеза и углехимии РК, г. Караганда, Казахстан

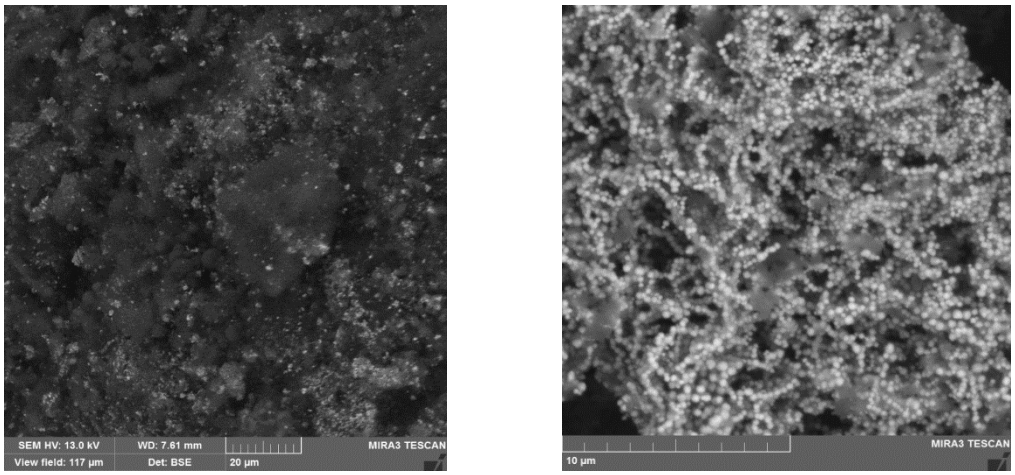
Получение и исследование свойств наноразмерных частиц металлов, стабилизированных полимерными матрицами, является перспективным направлением в современной науке и материаловедении. Полимеры, наполненные микро- и наночастицами металлов, успешно изучаются в качестве катализаторов в различных каталитических и электрохимических процессах.

Целью данной работы является получение композитов смешанного анилино-меламиноформальдегидного полимера (АМФП) с микро- и наночастицами металлов (Cu^0, Ni^0, Co^0) и изучение их строения и электропроводных свойств.

Синтез АМФ-полимера был осуществлен путем поликонденсации анилина и меламина с формальдегидом и дальнейшим выделением полимера с помощью гидроксида натрия. При этом соотношение анилина и меламина составляло 1:1. Микро- и наночастицы Cu^0, Ni^0 и Co^0 были получены с использованием в качестве восстановителей боргидрида натрия и гидразингидрата в водно-этанольной среде. Полученные таким образом нуль-валентные частицы металлов были введены в процесс поликонденсации анилина и меламина с формальдегидом после доведения pH смеси до 7. Полученные металлсодержащие АМФП-композиты были термически обработаны при 180°С в течение 2 часов. Содержание металлов в 1 г композитов с частицами металлов, полученных с применением $NaBH_4$, составило 0,21 — 0,26 г, с применением гидразингидрата — 0,26 — 0,29 г.

Методом рентгенофазового анализа было установлено, что в составе композита АМФП+Ni^0 ($N_2H_4 \cdot H_2O$), присутствуют только кристаллические фазы никеля в нуль-валентном состоянии, в композите АМФП+Cu^0 кроме частиц меди имеется также оксид меди CuO. На рентгенограмме композита АМФП+Co^0 частицам Co^0 соответствуют пики малой интенсивности, а хорошо выраженные высокие пики принадлежат гидроксиду кобальта (II).

Следует отметить, что структура синтезированного АМФ-полимера является неоднородной — он состоит из плотных частиц и довольно рыхлых. И именно на рыхлых частицах, согласно исследованиям на сканирующем растровом микроскопе (TESCAN MIRA 3 LMU), в большей степени сосредоточены частицы металлов. В композите АМФП+Cu^0 (рис. 1, а) частицы меди и ее оксида видны в виде ярких белых точек на фоне темного полимера (изображение получено с помощью BSE-детектора в композиционном контрасте), распределенных по его поверхности довольно неравномерно, которые имеют размеры приблизительно от 100 нм и меньше до 500 нм. На микроснимке композита АМФП+Ni^0 (рис. 1, б) видно, что частицы никеля также распределены неравномерно, а в местах их скоплений они образуют сросшиеся друг с другом и хаотично расположенные цепочки. Отдельные частицы никеля имеют размеры ~150 — 350 нм.



а) *б)*

Рис. 1. Микроснимки композитов АМФП+Cu^0(1:0,5) (а) АМФП+Ni^0(1:0,5) (б)

АМФП-композиты с микро- и наночастицами металлов были исследованы на проявление электропроводных свойств, которые отсутствуют и у анилино-, и у меламиноформальдегидных полимеров. Полученные значения электропроводности АМФП-композитов с введенными нуль-валентными частицами металлов находятся в диапазоне 0,46 — $0{,}70 \cdot 10^{-6}$ $Ом^{-1} \cdot м^{-1}$, который характеризует полимерные полупроводники. При этом у Co- и Ni-содержащих АМФП-композитов электропроводность несколько выше. Очевидно, помимо частиц металлов, свой вклад в имеющуюся электропроводность этих композитов вносят и присутствующие дополнительные кристаллические фазы, такие как CuO в композитах АМФП+Cu^0, или $Co(OH)_2$ — в композитах АМФП+Co^0, или борсодержащие компоненты.

Исследование седиментационной устойчивости коллоидных растворов магнитных наночастиц в различных средах

М. А. Голованова[1], Д. В. Королев[2], К. Г. Гареев[1]

[1] Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

[2]«Северо-Западный Федеральный медицинский исследовательский центр им. В.А.Алмазова» Минздрава России

Использование коллоидных растворов магнитных наночастиц (МНЧ) в медицине возможно, если дисперсионной средой в них является изотониче-

ский раствор. Учитывая, что срок применимости готовых коллоидов определяется их устойчивостью [1], важно исследовать их седиментационную устойчивость в различных средах, в том числе в изотонических растворах.

Цель: оценить устойчивость коллоидных растворов МНЧ в различных средах и выработать рекомендации об их применимости.

В работе использовались 4 типа МНЧ [2], приведенные в таблице 1, с различными добавками и в двух средах: в воде и физиологическом растворе.

Таблица 1

Характеристики используемых МНЧ

Обозначение	**Тип наночастиц**
МНЧ1	Магнитные наночастицы оксида железа без покрытия
МНЧ2	Магнитные наночастицы оксида железа с оболочкой кремнезема
МНЧ3	Магнитные наночастицы на основе кремнезема с оболочкой из оксида железа
МНЧ4	Магнитные наночастицы из оксида железа с оболочкой из глюкозы

Концентрация МНЧ в исследуемых растворах была равна 0,2 мг/мл. При приготовлении растворов МНЧ1 использовался ультразвуковой диспергатор УЗГ13-0,1/22.

Для определения времени седиментационной устойчивости образцов использовался однолучевой сканирующий спектрофотометр UNICO модель 2802(S) в режиме кинетических измерений на одной длине волны (370 нм). Время каждого эксперимента 2 часа.

Полученные результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Полученные данные о времени седиментации образцов в двух средах

№	Образец	t_{sed}, ч	
		Суспензия в воде	Суспензия в физиологическом растворе
1	МНЧ1	0	–
2	МНЧ2	> 2	0
3	МНЧ3	> 2	–
4	МНЧ3 с добавлением ТЭОС и ТВИН-80	> 2	–

5	МНЧ2 с добавлением глюкозы при Т = 300 К	0	–
6	МНЧ2, обработанные глюкозой при Т = 433 К в течение 24 ч	> 1,2	–
7	МНЧ2 с добавлением глюкозы и ТЭОС при Т = 300 К	0	–
8	МНЧ1, обработанные глюкозой при Т = 433 К в течение 24 ч	> 2	–
9	МНЧ1, обработанные фосфолипидами	0	1
10	МНЧ3 с добавлением ТВИН-80	–	1,1

Полностью устойчивым с неизменной оптической плотностью в течение всего времени эксперимента оказался образец 4, суспензия МНЧ3 с добавлением ТЭОС и ТВИН-80 в воде. В остальных случаях, если частицы не оседали сразу же, увеличивалась оптическая плотность, что, скорее всего, говорит о нарушении агрегативной устойчивости. Так как в коллоидных растворах МНЧ седиментативная и агрегативная устойчивости неразрывно связаны [3], такие растворы нельзя назвать устойчивыми. Большинство образцов оказались либо совершенно седиментативно неустойчивыми, либо в указанное время эксперимента нельзя определить, через какой промежуток времени они начнут оседать.

Для медицинского применения коллоиды исследованных МНЧ в физиологическом растворе не пригодны. Необходимо исследовать эти частицы в других изотонических растворах. Например, суспензии в водном 5% растворе глюкозы.

Показавший хорошую устойчивость образец 4 с МНЧ3, мог бы быть исследован в изотонических растворах. Но это нецелесообразно, так как по результатам исследований эти частицы слишком токсичные [2].

Список литературы:

1. Arefyev, I.M. Colloidal Stability and Thermal Stability of Magnetic Fluids / I.M. Arefyev, T.A. Arefyeva, Yu.B. Kazakov // Journal of Nano- and Electronic Physics. — 2013. — Vol. 5, N 4, 04037 (3pp)

2. In vitro toxicity of FemOn, FemOn-SiO2 composite, and SiO2-FemOn core-shell magnetic nanoparticles / Y. G. Toropova, A. S. Golovkin.

3. A. B. Malashicheva et al. // International Journal of Nanomedicine. — 2017. — Vol. 12. — P. 593-603.

4. Эмпирический критерий выбора стабилизатора для магнитных жидкостей // А. Н. Болотов, Г. Б. Бурдо, В. В. Новиков, О. О. Новикова // Вестник ТвГТУ — 2016. — Вып. 29, №

1 — С. 3-7.

Люминесцентные солнечные концентраторы на коллоидных квантовых точках

И. А. Горбунов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина)

Научно-технический прогресс невозможен без потребления энергии, которое обеспечивается в основном за счет использования органического ископаемого топлива, гидроэнергии и атомной энергии. Однако запасы органического топлива сильно ограничены. Поэтому растет интерес к новым возобновляемым источникам энергии. Повысилось влияние экологического фактора: наша история доказывает возможность возникновения техногенных катастроф при добыче гидро- и атомной энергии. Человечество должно научиться эффективно, как с экономической, так и технической точек зрения, использовать природные потоки энергии, не нанося вред окружающей среде. Считается, что солнечная энергетика — самое перспективное направление в поисках альтернативных источников энергии.

На данный момент в области солнечной энергетики удалось достичь определенных результатов: КПД монокристаллических кремниевых модулей достигает 25 %. Но существующие технологии делают эти модули достаточно дорогими. На пути к снижению стоимости солнечных батарей и при этом сохранению, а при возможности увеличению КПД перспективным выглядит использование коллоидных квантовых точек (ККТ) в солнечных элементах. А применение ККТ в качестве активных компонентов (люминофоров) люминесцентных солнечных концентраторов (ЛСК) дает дополнительные преимущества, например, делает возможным использование данных элементов в пасмурную погоду. Исследованию таких структур посвящена представленная работа.

Устройство изучаемой конструкции выглядит следующим образом: в кюветы, прозрачные в оптическом диапазоне, помещают ККТ — наночастицы на основе халькогенидов металлов, синтезированные методами коллоидной химии. В данной работе использовались квантовые точки CdS, также квантовые точки с ядрами CdSe в оболочке ZnS (CdSe/ZnS), то есть более широкозонный

полупроводник в оболочке (ZnS) играет роль пассиватора поверхностных состояний и локализует электронно-дырочную пару внутри ядра (CdSe). Это делается для увеличения эффективности люминесценции. Квантовые точки разводятся в органическом растворителе — толуоле. Кюветы наполняются ККТ разных размеров для создания разных диапазонов поглощения и излучения для каждого концентратора. Конструкция имеет каскадное расположение, причем ККТ с границей спектра поглощения уходящей в ультрафиолетовую зону должны находиться ближе к Солнцу, чтобы часть непоглощенного ими света проходила на следующий концентратор. Попадающее на структуру излучение переизлучается в узком спектре длин волн, с полушириной спектра в несколько раз меньшей, чем у солнечного излучения. Свет от ККТ собирается при помощи системы зеркал на фотоприемники малой площади. В работе использовались фотодиоды на основе GaP, GaN и Si. Важно то, чтобы было обеспечено максимальное перекрывание кривых испускания ККТ и чувствительности фотоэлектрических преобразователей.

Исследования показали, что спектр поглощения квантовых точек на основе CdS и CdSe/ZnS намного шире, чем у красителей типа Родамин 6Ж, а коэффициент экстинкции на длине волны максимума поглощения на порядок выше. К тому же за счет большего стоксового сдвига в элементах с ККТ (порядка 200 нм при расчете разницы между максимумами поглощения и флуоресценции), а также использования структуры типа ядро/оболочка появляется возможность ограничения реабсорбционных потерь. Выявлены преимущества каскадной установки люминесцентных солнечных концентраторов. Из-за меньших потерь на термализацию кристалла, КПД у каскадных структур в 1,5 раза выше, чем у структуры на одном концентраторе. Учитывая все выше изложенное, а также возможность варьировать полосы поглощения и люминесценции выбором размера и формы нанокристалла, можно заключить, что ККТ является перспективным материалом для использования в ЛСК.

Список литературы:

1. В.М. Гранчак, Т.В. Сахно, С.Я. Кумчий. Светоизлучающие материалы — активные компоненты люминесцентных солнечных концентраторов // Теоретическая и Экспериментальная Химия. — 2014. — № 1. — С.12-15.

2. Л.М. Николенко, В.Ф. Разумов. Коллоидные квантовые точки в солнечных элементах//Успехи химии. — 2013. — № 82. — С. 429-430.

Исследование зонной структуры полупроводниковой сверхрешетки методом фотоотражения

В. Д. Горячева, О. С. Комков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Использование наногетероструктур открывает обширные возможности для современной опто- и наноэлектроники. Особый интерес представляют полупроводниковые сверхрешетки. Помимо периодического потенциала кристаллической решетки в них имеется дополнительный одномерный потенциал, период которого существенно превышает постоянную решетки. Он изменяет зонную структуру энергетического спектра: происходит расщепление на мини-зоны — более мелкое «дробление» энергетических зон, ширина которых определяется туннельной прозрачностью барьеров [1]. Таким образом, можно управлять зонной структурой, варьируя параметры сверхрешетки.

Цель данной работы — исследование оптических переходов зонной структуры сверхрешетки $GaAs/Al_{0.45}Ga_{0.55}As$ методом фотомодуляционной спектроскопии (фотоотражения). Структура была выращена в ННГУ им. Н. И. Лобачевского методом газофазной эпитаксии из металлоорганических соединений. Толщина барьеров 42 Å, ширина квантовых ям 65 Å, число периодов 50, концентрация примеси (Si) $n = 7 \cdot 10^{15}$ см$^{-3}$.

В спектроскопии фотоотражения регистрируется изменение оптических характеристик вещества, вызванное малым, периодически меняющимся возмущением приповерхностного электрического поля модулирующим лазерным лучом. Исходное поле обусловлено большой плотностью поверхностных состояний, из-за которых происходит изгиб зон. Результат измерения — дифференциальный спектр отражения, позволяющий убрать неинформативный постоянный фон и определить изменения коэффициента отражения.

Измерения проводились на установке, описанной в работе [2]. В ходе эксперимента спектры были измерены при модуляции лазерным излучением с длиной волны λ_1=0,53 мкм (вторая гармоника $YAlO_3$: Nd^{3+}) и λ_2=0,63 мкм (He-Ne лазер). Различие длин волн модулирующего излучения влияет на глубину его проникновения и энергию фотоинжектированных носителей заряда.

Анализ спектров для выявления энергетических переходов был выполнен с помощью преобразования, описанного в статье [3]. Определены следующие межзонные переходы: основной переход e1-hh1 между первой мини-зоной

электронов и первой мини-зоной тяжелых дырок; переходы для легких дырок первой мини-зоны e1-lh1(Г), e1-lh1(П) и для тяжелых дырок второй мини-зоны e2-hh2(Г), e2-hh2(П). Причем критические точки Г и П соответствуют краям мини-зон. Согласно правилам отбора, прямые межзонные переходы возможны только в случае совпадения номеров электронных и дырочных мини-зон.

Было проведено сравнение полученных экспериментальных значений с результатами теоретического расчета зонной структуры в приближении метода огибающих волновых функций, выполненного М.С. Мироновой в группе Г.Ф. Глинского.

Таблица 1

Экспериментальные и теоретические значения

	-	-	-	e1-hh1	e1-lh1(Г)	e1-lh1(П)	e1-hh3	e2-hh2(П)	e2-hh2(Г)
$E_{теор}$, эВ	-	-	-	1.5055	1.532	1.5375	1.6395	1.741	1.7595
$E_э$, эВ(λ_1)	-	-	-	1.502	1.531		-	1.669	1.701
$E_э$, эВ(λ_2)	1.375	1.414	1.462	1.501	1.528		-	1.677	1.706

Таким образом, наблюдается хорошее согласие экспериментальных результатов и теоретических расчетов для основного перехода, т. к. волновая функция более локализована, чем для высокоэнергетических переходов (первый энергетический уровень дискретен). При модуляции He-Ne лазером наблюдаются пики до основного перехода. Это может объясняться тем, что лазер $YAlO_3$: Nd^{3+} перекрывает высоту барьера, а возбуждение He-Ne лазером делает возможными переходы с примесных уровней. Также разная глубина и степень модуляции влияет на положения пиков наблюдаемых переходов и обусловливает их различие при разных длинах волн лазерного излучения. Стоит отметить, что вторая мини-зона сохраняется и для электронов, и для тяжелых дырок, т. к. поле, формирующее сигнал недостаточно для ее расщепления на «штарковскую лестницу» — набор дискретных уровней в каждой квантовой яме.

Список литературы:

1. Силин А. П. Полупроводниковые сверхрешетки. Успехи физических наук. — 1985. — Т. 147. Вып. 3. — С. 485.

2. Пихтин А. Н., Тодоров М. Т. Фотоотражение арсенида галлия. Физика и техника полупроводников. — 1993. — Т. 27. Вып. 7. — С. 1139.

3. T. J. C. Hosea. Physica status solidi (b). — 1995. — Vol. 189. — P. 531.

Установка для диагностики электрических свойств наноструктурированных материалов при вращении в магнитном поле

А. П. Дробнов, Н. В. Пермяков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Для развития технологий новых нанокомпозитов, полупроводниковых гетеростуктур и наноструктурированных материалов с анизотропией электрических свойств возникает необходимость создания установок и новых методик диагностики электрических свойств. При этом интерес представляют методики, основанные на методах сканирующей микроскопии [1-3]. Также возможности технической реализации для создания и модернизации измерительных установок значительно расширились с использованием 3D-принтеров. Опыт применения этих аддитивных технологий, накопленный в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» изложен в [4-12].

В данной работе приведены результаты по развитию этого направления, конкретно по созданию установки для диагностики электрических свойств наноструктурированных материалов при вращении в магнитном поле.

Была спроектирована конструкция макета, при использовании 3D печати изготовлены элементы конструкции, собран макет, изготовлены печатные платы для управления шаговым двигателем и осуществления измерений с помощью мультиметра, написана управляющая программа в среде LabView. Детали конструкции были спроектированы в программной среде КОМПАС-3Д. Был использован постоянный магнит с индукцией поля 0,5 Тл. Данный магнит закреплен на доске, на которой также закреплены держатель мотора, плата с микроконтроллером, плата для подключения измерительных приборов. В качестве мотора был выбран шаговый двигатель, осуществляющий поворот 0,225˚ за один шаг.

Созданное программное обеспечение позволяет делать измерения в трех вариантах подключения контактов (вдоль магнитного поля, поперек магнитного поля и расположение контактов по углам квадрата). Параметры измерения такие как, угол поворота, скорость вращения, число повторений, схема подключения измерительных приборов, задаются в программе, написанной в среде LabView и сохраняются вместе с данными измерений в текстовый файл.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных

исследований и Фонда поддержки научно-проектной деятельности студентов, аспирантов и молодых ученых «Национальное интеллектуальное развитие» в рамках научного проекта № 17-33-80010 «мол_эв_а».

Список литературы:

1. Мошников В.А., Спивак Ю.М., Алексеев П.А., Пермяков Н.В. Атомно-силовая микроскопия для исследования наноструктурированных материалов и приборных структур: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. — 144 с.
2. Ильинский А.В., Мошников В.А., Пашкевич М.Э., Пермяков Н.В., Шадрин Е.Б. Атомно-силовое зондирование потенциального рельефа VO2-нанокомпозита // Журнал технической физики. — 2015. — Т. 85. № 1. — С. 126-131.
3. Матюшкин Л.Б., Пермяков Н.В. Применение технологии 3D-печати в обеспечении профессионально ориентированной подготовки кадров в интересах наноиндустрии // Биотехносфера. — 2013. — № 3. — С. 38-47.
4. Матюшкин Л.Б., Пермяков Н.В. Модуль механического позиционирования твердых и жидких образцов для измерения спектров фотолюминесценции // Новости материаловедения. Наука и техника. — 2015. — № 2. — С. 40-42.
5. Permiakov N., Ivanov A., Moshnikov V. The laboratory facility and testing methods memristor structures: // 2015 International Conference «Stability and Control Processes» in Memory of V.I. Zubov (SCP). — 2015. — С. 187-189.
6. Установка для получения пористых анодных оксидов металлов и полупроводников / Белорус А.О., Пермяков Н.В., Спивак Ю.М., Мошников В.А. // патент на полезную модель RUS 167518 30.12.201
7. Устройство для измерения термо-ЭДС материалов / Пермяков Н.В., Лепескин Ю.П., Мошников В.А., Лучинин В.В.//патент на полезную модель RUS 167045 15.06.2016

Гидроксиапатит кальция как материал для биомедицинского применения

С. А. Зубкова, Е. В. Мараева

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Гидроксиапатит кальция (ГАП) является неорганическим материалом. Он биологически совместим с организмом человека и структуры на его основе не вызывают отторжения при взаимодействии с организмом, поэтому гидроксиапатит актуально применять для лечения и замещения дефектов зубной и костной ткани. Также он используется в качестве компонентов зубных паст, косметических и гигиенических средств, биологически активных добавок [1]. В рамках настоящей работы рассмотрены основные физико-химические свойства, методы получения и исследования данного материала.

Гидроксиапатит кальция относится к ортофосфатам кальция, которые содержат PO_4 группу. Они наиболее широко изучены в качестве соединений для получения биоматериалов. Важнейшей характеристикой этих соединений является соотношение Ca/P, от которого зависят кислотность или основность и растворимость. Гидроксиапатиты являются довольно устойчивыми соединениями и имеют очень стабильную ионную решетку, в которой ионы плотно упакованы и удерживаются за счет электростатических сил. Известно также, что апатиты являются высокочувствительными к ионному составу крови и межклеточной жидкости [2,3].

Гидроксиапатит кальция можно получить разными методами. Самыми популярными из них являются: золь-гель метод и метод гидрохимического осаждения. Наиболее подходящими прекурсорами для получения порошка ГАП, не содержащего агрессивного сопутствующего продукта, являются оксид кальция и гидрофосфат аммония [4,5].

Анализ литературных данных показывает, что полученные порошки гидроксиапатита кальция можно исследовать с привлечением различных методик, таких как: метод электронной, оптической и атомно-силовой микроскопии, рентгенофлуоресцентный, ИК-спектрометрический и дифференционально-термический анализы, метод низкотемпературной адсорбции и термодесорбции азота (БЭТ) [5-7].

В рамках настоящей работы проведены пробные эксперименты по изучению влияния уровня pH исходных растворов, используемых для синтеза ГАП на параметры их пористой структуры. Эти результаты обсуждаются в докладе.

Список литературы:

1. Леонова Л. А. Оптимизация условий синтеза гидроксиапатита [электронный ресурс] // Интернет-журнал Науковедение. 2013. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-usloviy-sinteza-gidroksiapatita (дата обращения 25.02.2017).

2. Рассказова Л. А., Коротченко Н. М. Сравнение свойств различных ионзамещенных гидроксиапатитов, полученных по СВЧ-технологии [электронный ресурс] // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2013. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-svoystv-razlichnyh-ionzameschennyh-gidroksiapatitov-poluchennyh-po-svch-tehnologii (дата обращения 25.02.2017).

3. Трубицын М. А. и др. Исследование биоактивности и сорбционных свойств наноразмерного кремнийсодержащего гидроксиапатита[электронный ресурс] // Фундаментальные исследования. 2014. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-bioaktivnosti-i-sorbtsionnyh-svoystv-nanorazmernogo-kremniysoderzhaschego-gidroksiapatita (дата обращения 25.02.2017).

4. Иевлев В. М. и др. Структура и механические свойства пленок гидроксиапатита [электронный ресурс] // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2010. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/struktura-i-mehanicheskie-svoystva-plenok-gidroksiapatita (дата обращения 25.02.2017).
5. Лучинин В. В. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы. — М. : Физматлит, 2006.
6. Величко В. В., Захаров Н. А., Скибинский К. В. Особенности образования гидроксиапатита кальция при осаждении из раствора, содержащего природный полимер каррагинан [электронный ресурс] // Успехи в химии и химической технологии. 2007. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-obrazovaniya-gidroksiapatita-kaltsiya-pri-osazhdenii-iz-rastvora-soderzhaschego-prirodnyy-polimer-karraginan (дата обращения 25.02.2017).
7. Гузеева Т. И. и др. Получение порошка гидроксиапатита в ходе жидкофазного синтеза [электронный ресурс] // Известия Томского политехнического университета. 2009. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/poluchenie-poroshka-gidroksiapatita-v-hode-zhidkofaznogo-sinteza (дата обращения 25.02.2017).

Моделирование капельной эпитаксии — перспективного метода получения квантоворазмерных наноструктур

Р. С. Зырянов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Нанотехнология — совокупность методов и способов синтеза, сборки, структуро- и формообразования, нанесения, удаления и модифицирования материалов, направленных на получение систем с новыми свойствами [1]. Работа кафедры микро- и наноэлектроники СПбГЭТУ «ЛЭТИ» направлена на изучение физических и химических основ получения наноматериалов, изучение основных проблем и новых физических явлений в области технологии и диагностики наноматериалов, разработку новых областей применения наноматериалов.

Наноструктуры, которые возникают в результате агрегационных явлений в жидкой фазе обладают фрактальной структурой [2, 3]. Для понимания процессов, которые приводят к формированию фрактальных агрегатов, был пройден долгий путь развития моделей агрегации наночастиц; от простой диффузионно лимитированной агрегации до кластер-кластерной агрегации с учетом реструктуризации, поляризации и увеличения числа видов различных диф-

фундирующих веществ [4]. Сравнение экспериментальных результатов с модельными представлениями также требует развития методов обработки изображений, полученных в результате анализа образцов, таких как фрактальный анализ изображений [5].

Бурное развитие аддитивных технологий заставило обратить внимание на синергетический эффект от объединения с золь-гель технологией [6]. В зависимости от реологических свойств чернил для печати, и электронных свойств наночастиц, входящих в эти чернила, полученные структуры могут найти применение в качестве сенсоров, микрофлюидных систем, материалов с фотонной запрещенной зоной, тканевой инженерии и устройств для доставки лекарств.

Электронные свойства наноструктур могут быть тонко настроены путем регулировки параметров, таких как размер, состав и морфология. Даже незначительные изменения этих параметров, особенно морфологии, могут вызывать значительные изменения зонной структуры. Для изучения роста наноструктур надо переходить к модели, которая позволяет точно контролировать параметры роста. Под этот критерий подходит модель капельной эпитаксии [7]. Она основана на последовательном осаждении элементов III и V группы при контролируемой температуре и давлении паров. Модель является «bottom-up» технологией. Начальное осаждения металлической группы III приводит к образованию наноразмерных капель жидкости. Последующее воздействие на капли парами элементов группы V приводит к их кристаллизации [8] в компактные трехмерные наноструктуры. С помощью этой техники могут быть получены различные наноструктуры, например, квантовые точки, квантовые кольца и структуры типа ядро-оболочка. Экспериментальные наблюдения позволяют предположить вероятные механизмы лежащие в основе формирования этих наноструктур и параметры, например, коэффициенты диффузии P, As и Sb в растворах-расплавах Ga и In [9-11], для калибровки модели, в то время как необходимо точное понимание, так как эти механизмы имеют решающее значение для управления различными свойствами наноструктур, которые в свою очередь, влияют на макроскопическое поведение устройств, основанных на наноструктурах.

Кинетический метод Монте-Карло является подходящим инструментом для разработки и тестирования моделей эпитаксиального роста и проливает свет на важные процессы для широкого спектра сценариев [12], поэтому он используется для исследования капельной эпитаксии.

Список литературы:

1. Лучинин В. В. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы. — М.: Физматлит, 2006.
2. Мошников В. А. и др. Золь-гель технология микро-и нанокомпозитов: учеб. пособие //СПб.: Издательство «Лань». — 2013.— Т. 5. №. 5. — 295 с. — С. 5.
3. Александрова О. А. и др. Новые наноматериалы. Синтез. Диагностика. Моделирование (лабораторный практикум). — СПб.: о СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. — 248 с.
4. Зырянов Р. С. Развитие фрактальных моделей агрегации коллоидных частиц //Молодой ученый. — 2016. № 24 (128) . — С. 72-76.
5. Зырянов Р. С., Лепескин Ю. П Расчет фрактальной размерности изображений //Евразийское Научное Объединение. — 2016. — Т. 1. № 10 (22). — С. 32-34.
6. Зырянов Р. С. Получение слоев функциональных материалов из жидкой фазы методами трехмерной печати//Молодой ученый. — 2016. — № 6 (110). — С. 101-105.
7. Reyes K. et al. Unified model of droplet epitaxy for compound semiconductor nanostructures: experiments and theory //Physical Review B. — 2013. — Т. 87. № 16. — С. 165-406.
8. Bietti S., Somaschini C., Sanguinetti S. Crystallization kinetics of Ga metallic nano-droplets under As flux //Nanotechnology. — 2013. — Т. 24. — № 20. — С. 205-603.
9. Горохов В. А. и др. Температурная зависимость коэффициента диффузии фосфора в расплаве галлия //журнал технической физики. — 1984. — Т. 54. № 4. — С. 823-825.
10. Gorokhov V. A. et al. The investigation of P- and As diffusion in liquid Gallium //Crystal research and technology. — 1984. — Т. 19. — №. 11. — С. 1465-1468.
11. Dedegkaev T. T. et al. The Study of As- and Sb Diffusion in Indium Melt //Crystal Research and Technology. — 1986. — Т. 21. — №. 6.
12. Vasilenko M. A., Neizvestny I. G., Shwartz N. L. Formation of GaAs nanostructures by droplet epitaxy—Monte Carlo simulation //Computational Materials Science. — 2015. — Т. 102. — С. 286-292.

Люминесцентные свойства систем «пористые структуры фосфида галлия/коллоидные квантовые точки халькогенидов кадмия»

М. С. Зятькова, В. Л. Кошевой

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Сегодня перспективным направлением развития современной электроники, работающей в оптическом диапазоне, является использование коллоидных квантовых точек (ККТ). Они являются отличной заменой традиционных органических и неорганических люминофоров, поскольку превосходят их по яркости флуоресценции и фотостабильности.

В работе проводились исследования гибридных систем «квантовые точки — пористые матрицы», полученные при применении раствора ККТ сульфида кадмия (CdS) [1-4] на подложке из пористого фосфида галлия (por-GaP). Для получения por-GaP используется монокристаллический фосфид галлия, выращенный методом Чохральского. Толщина пластин составляет 450 мм с ориентацией (100). Используя метод жидкофазной эпитаксии (ЖФЭ), на образцах формируется эпитаксиальный слой толщиной 20-50 мкм, легированный Te или Cr. Образец подвергался химико-механической полировке (ХМП) на глубину до 10 мкм.

Получение por-GaP производится методом электрохимического анодного травления (ЭХАТ) [5-6] в однокамерной ячейке в электролите на основе водного раствора фтороводорода с добавлением изопропилового спирта в потенциостатическом и гальваническом режимах при различных плотностях тока, напряжения и времени. Диаметр полученных пор достигал до 200 нм в зависимости от выбора технологических параметров получения. Для образцов, полученных в потенциостатическом режиме, рост пор происходит по направлениям линий тока, проходящих через систему электролит/образец (толщина пористого слоя достигает 30 мкм). Для образцов, полученных в гальваническом режиме — поры представляют собой губчатую систему колонн с кристаллографическим направлением (100), имеющих квадратные сечения.

Было получено 4 образца при различных условиях травления. Образец 1 был получен при плотности тока — 5 мА/см^2, время — 30 минут (размер пор — 0,1 мкм). Образец 2 был получен при плотности тока — 25 мА/см^2, время — 10 минут (размер пор — 0,2 мкм). Образец 3 был получен при плотности тока 50 мА/см^2, время — 10 минут (размер пор — 0,1 мкм). Образец 4 был получен в потенциостатическом режиме путем увеличения напряжения от 1 В до 40 В. Каждую минуту напряжение увеличивалось на 4 В, тем самым время травления — 10 минут (размер пор — 0,05 — 0,1 мкм).

Нанесение ККТ на поверхность пористого фосфида галлия приводит к модификации спектров фотолюминесценции как наночастиц, так и материала подложки. Люминесценция por-GaP связана с излучением из нанорельефных структур на его поверхности. ККТ внедряются в поры и располагаются на поверхности таких структур, что меняет их волновые функции и положение энергетических уровней, приводя к их расщеплению или уширению. Данный эффект соответствует модели взаимодействия двух связанных квантовых ям.

В этом случае уровни расщепляются и нижний уровень оказывается ниже положения уровня в одиночной яме. Это приводит к наблюдаемому длинноволновому сдвигу спектра люминесценции полученных структур. Обнаружено влияние на этот сдвиг типа ККТ и технологических параметров создания пористых наноструктур на поверхности полупроводника.

Список литературы:

1. Тарасов С.А, Михайлов И.И., Степанов Е.М., Вылегжанин Д.В., Гуревич М.О., Л. И. Козлович, А. В. Корнеева, П. О. Тадтаев, А.В. Соломонов. Люминесцентные свойства структур, содержащих массивы коллоидных квантовых точек CdS, CdSe/ZnS и CdZnSeS/ZnS // Нано- и микросистемная техника. — 2016. — Том 18. — №9. — с. 558-562.
2. S. A. Tarasov, I. E. Gracheva, K. G. Gareev, O. E. Gordyushenkov, I. A. Lamkin, E. A. Men'kovich, V. A. Moshnikov, A. V. Presnyakova. Atomic Force Microscopy and Photoluminescence Analysis of Porous Metal Oxide Materials // Semiconductors. — 2012. — Vol. 46. — No. 13. — P. 1584–1588
3. Mazing D.S., Matyushkin L.B., Aleksandrova O.A., Mikhailov I.I., Moshnikov V.A., Tarasov S.A. SYNTHESIS OF CADMIUM SELENIDE COLLOIDAL QUANTUM DOTS IN AQUATIC MEDIUM // Journal of Physics: Conference Series. — Т. 572. — № 1. — С. 012-028.
4. S.A. Tarasov, O.A. Aleksandrova, A.I. Maksimov, E.V. Maraeva, L.B. Matyushkin, E.A. Men'kovich, V.A. Moshnikov, S.F. Musikhin. Study of the Self-Organization Processes in Lead Sulfide Quantum Dots // Semiconductors. — 2014. — Vol. 48. — No. 13. — P. 1729–1731.
5. Тарасов С.А., Александрова О.А., Ламкин И.А., Максимов А.И., Мараева Е.В., Михайлов И.И., Мошников В.А., Мусихин С.Ф., Налимова С.С., Пермяков Н.В., Спивак Ю.М., Травкин П.Г. «Люминесцентные свойства систем «пористые кремнийсодержащие матрицы — наночастицы PbS» [Текст] // Известия высших учебных заведений. Электроника. — 2014. — № 4 (108). — С. 21-26.
6. Lenshin A.S., Kashkarov V.M., Spivak Yu.M., Moshnikov V.A. Investigations of nanoreactors on the basis of p-type porous silicon: Electron structure and phase composition // Materials Chemistry and Physics. — 2012. — Vol. 135. — Iss. 2–3. — P. 293–297.

Тепловизионные исследования мембран пористого оксида алюминия

М. А. Канаев, Е. Н. Муратова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)

Мембраны на основе нанопористого оксида алюминия (ПАОА) востребованы в нанотехнологии [1], микробиологии [2] и ядерной физике [3], так как

обладают рядом уникальных свойств (высокое аспектное соотношение, оптическая прозрачность и биологическия инертность), а также механической прочностью, термической стабильностью и химической стойкостью. В работах [4-5] показано, что нанопористые мембраны существенно ослабляют пропускание ИК-излучения в диапазоне от 8 до 14 мкм. В указанных пределах находится максимум теплового излучения биообъектов (около 10 мкм). Данная особенность позволяет использовать мембраны в качестве фильтров для поглощения излучения биообъектов. Данное применение рассматривается ниже.

Целью работы является исследование оптических свойств пленки пористого оксида алюминия, а в частности его способность экранировать инфракрасное (ИК) излучение.

В качестве исследуемого материала использовались мембраны на основе ПАОА, полученные методом электрохимического травления в электролите на основе ортофосфорной кислоты [6]. Источником теплового излучения служил плоский нагревательный элемент. Исследования проводились с помощью тепловизора (RGK TL-160) следующим образом: над нагревательным элементом на расстоянии 5 мм располагалась мембрана, закрепленная во фторопластовом кольцевом держателе. При подаче напряжения (0,5 — 14 В) на нагреватель, проводилась регистрация ИК излучения, проходящего сквозь мембрану. Измерения производились при температурах от 25 до 60^{o}C. Кроме того, проводилось сравнение пропускной способности мембран с различным диаметром пор (20 и 200 нм), т.е. мембран, полученных в электролитах на основе водных растворов серной и ортофосфорной кислот.

В результате исследований было обнаружено, что мембраны на основе ПАОА хорошо экранируют тепловое излучение, за счет рассеивания его на неоднородностях структуры. Исследования влияния диаметра пор на пропускание ИК-излучения показали, что чем меньше диаметр пор у мембран оксида алюминия, тем сильнее они обладают свойствами экранирования. Такой же эффект наблюдается при наличии недотравленных областей или дефектов на обратной стороне мембраны. Это можно объяснить диффузионным рассеиванием от оптически неоднородной среды, где в качестве источников неоднородности выступают поры малого диаметра, недотравленные области и дефекты.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 31 16-38-60110 мол_а_дк.

Список литературы:

1. Химические методы получения керамических и полимерных наноматериалов из жидкой фазы: Учеб.пособие / Под общ. ред. В. В. Лучинина и О. А. Шиловой /СПбГЭТУ «ЛЭТИ» . — СПб. — 2013. — 218 с.
2. Способ выращивания колоний микробных клеток и устройство для его реализации: патент на изобретение / Заявитель СПбГЭТУ / Т.М. Зимина, А.В. Соловьев, В.В. Лучинин, Л.А. Кареева, Г.Я. Ценева, Е.Н. Соколова, Н.И. Мухуров. № 2522005 (10.07.2014).
3. Шемухин А. А., Муратова Е. Н. Исследование прохождения пучков 1.7 MeV He+через мембраны пористого оксида алюминия / ПЖТФ, 2014, том 40, выпуск 5. — С. 67-74.
4. Matyushkin L. B., Muratova E. N., Panov M. F. Determination of the alumina membrane geometrical parameters using its optical spectra / Micro & Nano Letters, Vol. 12, Is. 2. — 2017. — P. 100-103.
5. Matyushkin L. B., Muratova E. N., Spivak Yu. M., Shimanova V. V., Korlyakova S. A. and Moshnikov V. A. Optical transmission spectra of porous alumina membranes with different pore size / Journal of Physics: Conference Series. — 2014, Vol. 572. — P. 012-031.
6. Электрохимическая ячейка для получения пористых анодных оксидов металлов и полупроводников: патент на полезную модель / Заявитель СПбГЭТУ / Травкин П. Г., Соколова Е. Н., Спивак Ю. М., Мошников В. А. № 2012122692 (01.06.2012).

Иерархические материалы, организованные посредством самосборки наносфер

И. Е. Кононова[1], П. В. Кононов[2]

[1]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

[2]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Развитие современных методов синтеза и диагностики микроструктур привело к переходу от одноуровневых материалов первого поколения (нульразмерные частицы или сферы; одноразмерные нити или ленты), обладающих только пространственными характеристиками, к двухуровневым наноматериалам второго поколения (нульмерные полые сферы или капсулы; одномерные трубки), имеющих кроме пространственных характеристик внутренней полой структурой, и наноматериалам третьего поколения со сложной многоуровневой внутренней структурой (нульмерные пористые сферы [1], структуры типа «ядро-полая оболочка» [2], многооболочечные и мультиячеистые структуры [3] и одномерные сегментные структуры, структуры типа «нить-трубка», многостенные и многоканальные структуры).

Целью настоящей работы являлось сопоставление экспериментальных данных по созданию золь-гель методом [4-7] иерархических материалов [8-11] и данных по моделированию фрактальных структур посредством самосборки наносфер. Формирование золь-гель методом сетчатых структур на основе оксидов металлов с многоуровневой системой пор «фрактального» происхождения может быть иллюстрировано трехмерным детерминированным агрегатом Жульена с фрактальной размерностью 2,335. Трехмерное моделирование иерархических структур проводили в среде Autodesk 3ds Max. Проанализированы зависимости пористости и плотности фрактальных структур от размеров агрегатов (при появлении новых уровней пор иерархических материалов), зависимости изменения пористости трехмерного фрактального агрегата Жульена в случае замены первичных идентичных сферических частиц на пористые сферы и структуры типа «ядро-пористая оболочка.

Список литературы:

1. Bioactive mono-dispersed nanospheres with long-term antibacterial effects for endodontic sealing / X. Cheng, T. Qu, Ch. Ma et al. // J. Mater. Chem. B. — 2017. — № 5. — P. 1195-1204.
2. Core-shell superparamagnetic monodisperse nanospheres based on amino-functionalized CoFe2O4@SiO2 for removal of heavy metals from aqueous solutions / Ch. Ren, X. Ding, H. Fu et al. // RSC Adv. 2017. V. 7. P. 6911-6921.3. Self-assembled nanospheres with multiple endohedral binding sites pre-organize catalysts and substrates for highly efficient reactions // Qi-Q. Wang, S. Gonell, S. H. A. M. Leenders et al. // Nature Chemistry. — 2016. — V. 8. — P. 225–230.
3. Получение и анализ порошков-ксерогелей с нанофазой гематита / К. Г. Гареев, И. Е. Грачева, В. И. Альмяшев, В. А. Мошников // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета ЛЭТИ. — 2011. — № 5. — С. 26-32.
4. Atomic force microscopy and photoluminescence analysis of porous metal oxide materials / S. A. Tarasov, I. E. Gracheva, K. G. Gareev et al. // Semiconductors. — 2012. — V. 46. — № 13. — P. 1584-1588.
5. Грачева И. Е., Мошников В. А., Абрашова Е. В. Обобщение результатов анализа величины фрактальной размерности золь-гель пористых иерархических структур Материаловедение. — 2013. — № 6. — С. 13-22.
6. Грачева И. Е., Мошников В. А., Осипов Ю. В. Анализ процессов на поверхности газочувствительных наноструктур методом спектроскопии полной проводимости // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета ЛЭТИ. — 2008. — № 6. — С. 19-24.
7. Abrashova E. V., Gracheva I. E., Moshnikov V. A. Functional nanomaterials based on metal oxides with hierarchical structure // Journal of Physics: Conference Series. 2013. Vol. 461. №1. P.012019.Nanostructured materials obtained under conditions of hierarchical self-assembly and modified

by derivative forms of fullerenes // Journal of Non-Crystalline Solids. — 2012. — V. 358. — P. 433-439.
8. Hierarchical nanostructured semiconductor porous materials for gas sensors / V. A. Moshnikov, I. E. Gracheva, V. V. Kuznezov // Journal of Non-Crystalline Solids. — 2010. — Vol. 356, № 37-40. — P. 2020-2025.
9. Грачева И. Е., Мошников В. А. Наноматериалы с иерархической структурой пор. Уч. пособие. — СПб. — 2011. — 107 с.

Изучение сорбционных свойств функциональных производных гумата натрия с МУНТ

Г. К. Кудайберген, А. Х. Жакина, Е. П. Василец

Институт органического синтеза и углехимии Республики Казахстан, Караганда

Создание новых нанокомпозитов с включением нанотрубок является важным направлением развития индустрии. Исследования последних лет позволяют выделить углеродные нанотрубки (УНТ) как наиболее перспективный объект, позволяющий создавать материалы с новыми свойствами. При сочетании полимеров и углеродных нанотрубок возможно получение уникальных конструктивных наноматериалов [1-6].

Одно из важных свойств УНТ, определяющее возможность их использования в новых технологиях, связано с их высокими сорбционными характеристиками. Поскольку УНТ являются поверхностной структурой, вся их масса заключена в поверхности их слоев. Поэтому они имеют аномальную высокую удельную поверхность, что, в свою очередь, определяет особенности их сорбционных характеристик.

В настоящей работе представлены результаты оценки сорбционных свойств нанокомпозита на основе гумата натрия с внедрением в его структуру многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ) с использованием ультразвукового диспергирования исходных компонентов при различных pH смеси.

Для выявления сорбционной способности нанокомпозита изучалось поглощение им ионов Cu(II). Опыты проводили в статических условиях при температуре 25°С. Исследование сорбционных свойств проводили методом изотерм. Для получения изотерм сорбции, навески образцов заливали модельными растворами соли металла с начальной концентрацией $(2\text{-}6)\cdot10^{-2}$ г-экв/л (C_o) в соотношении Т:Ж — 1:25 и выдерживали в течение суток. По достижении сорбционного равновесия, в растворе определяли равновесную концентрацию ионов металла (C_p) методом комплексонометрического титрования раствором трилона Б. Результаты исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сорбционные свойства комплексов, полученных в условиях УЗО (t=5 мин, 22 кГц)

Образец	Соотношение ГNa:МУНТ	0,02 н $CuSO_4$		0,06 н $CuSO_4$	
		СОЕ, мг-экв/г	α, %	СОЕ, мг-экв/г	α,%
ГNa:МУНТ (pH=7)	1:0,1	4,00	84,2	4,38	40,0
ГNa:МУНТ (pH=11)	1:0,1	4,50	94,7	5,88	41,6

Как видно из таблицы 1, сорбция ионов меди гуматом натрия с МУНТ возрастает в щелочной среде, и предельная сорбционная емкость составляет 94,74%. Увеличение концентрации соли металла снижает сорбционную активность нанокомпозита, что свидетельствуют о формировании прочных комплексов между макромолекулами гумата натрия и МУНТ. Как известно, при нормальных условиях углеродные нанотрубки нерастворимы в воде, только при действии на них ультразвукового излучения они однородно распределяются по раствору. Полученные результаты показали, что применение ультразвука оказывает значительное воздействие на сорбцию и протекание реакций.

Список литературы:

1. Томишко М.М., Алексеев А.М., Клинова Л.Л., Томишко А.Г., Демичева О.В., Чмутин И.А. // Нанотехника. — 2006. — № 1. — С. 15—17.
2. Киселев Н.А., Жигалина О.М., Артемов В.В., Григорьев Ю.В.// Нанотехнологии и наноматериал. — 2005. — № 1. — С. 37.
3. Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки. Строение, свойства, применение. — М.: Бином. Лаборатория знаний. — 2006. — 293 с.
4. Неволин В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике. — М.: Техносфера, 2005. — 340 с.
5. Мартинес-Дуарт Дж.М., Р.Дж.Мартин-Палма Р.Дж., Агулло-Руеда Ф. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. — М.: Техносфера, 2007. — 368с.
6. J.N. Coleman, U. Khan, W.J. Blau, Y.K. Gun'ko. Small but strong: A review of the mechanical properties of carbon nanotube–polymer composites. // Carbon. — 2006. — V. 44, № 9. — P. 1624-1652.

Перспективы применения технологии Crystal Ion Slicing для формирования тонких монокристаллических пленок высокой степени совершенства с целью применения в изделиях микромеханики и акустоэлектроники

Д. А. Кузнецов[1], Е. М. Бакулин[2]

[1]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

[2]ОАО «Авангард»

Акустоэлектроника изучает процессы возбуждения, распространения, отражения и приема акустических волн (или волн деформаций) в кристаллах с целью создания на их основе акустоэлектронных устройств (АЭУ) для обработки радиосигналов. И объемные, и поверхностные волны широко используются в целом ряде АЭУ благодаря значительно меньшей скорости распространения их в твердом теле (~10^3 м/с) по сравнению с электромагнитными волнами в диэлектрических структурах ($\frac{3 \cdot 10^8}{\sqrt{\varepsilon}}$ м/с). Это обстоятельство позволяет существенно уменьшить размеры устройств и выполнить их в интегральном исполнении.

Принципы создания акустоэлектроники основаны на фундаментальном свойстве пьезоэлектриков — пьезоэлектрическом эффекте. Однако учитывая слабые упругие свойства пьезоэлектриков была выдвинута идея нанесения пленок материалов, обладающих пьезоэлектрическим эффектом, на кремний с целью формирования изделий, совмещающих в себе преимущества микромеханики и акустоэлектроники. Данная технология получила название МЭМС+ПАВ.

В связи с этим появилась проблема получения высококачественных пленок. Были опробованы некоторые технологии получения: осаждение металлорганических соединений из газообразной фазы (MOCVD), реактивное магнетронное распыление, золь-гель метод. Однако все эти технологии либо трудноосуществимы, либо позволяют создать поликристаллические пленки недостаточного качества.

Наиболее удачной технологией создания высококачественных монокристаллических пленок может стать технология Crystal ion slicing (CIS). Суть метода состоит в ионной имплантация атомов He+ или H+ с высокой энергией для образования внутреннего дефектного слоя в изначальном материале. В дальнейшем производится травление или термоудар, в результате чего тон-

кая пленка заданной толщины отделяется от «материнской» подложки. Получившиеся таким способом пленки по своим свойствам подобны исходным монокристаллическим образцам. Подробные расчеты проведения опыта для ниобата лития ($LiNbO_3$) представлены в настоящей работе.

Список литературы:

1. Устройства на поверхностных акустических волнах: учеб. пособие / А. С. Бугаев, В. Ф. Дмитриев, С. В. Кулаков. — СПб.: ГУАП, 2009. — 188 с.

2. M. Alexe U. Gosele (Eds.), Wafer Bonding Applications and Technology. — Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. — 2004.

Исследование явления «переключения» в структурах на основе пористого оксида алюминия

Д. Д. Лобанов[1], Е. Н. Муратова[1], К. В. Чернякова[2], И. А. Врублевский[2]

[1]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)

[2] Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

В настоящее время принято определять мемристор, как двухполюсные устройства, электрическое сопротивление которых изменяется пропорционально заряду, протекшему через него. С появлением возможности формирования наноразмерных структур сотрудниками Hewlett-Packard впервые было экспериментально показано, что мемристивный эффект возникает в наноразмерных структурах металл-диэлектрик-металл за счет перемещения зарядов в сверхтонком диэлектрическом слое при приложении электрического поля.

Особая микроструктура пористого оксида алюминия (ПАОА), содержащая два различных слоя оксида — внешний слой оксида, прилегающий к поре, содержащий электронные ловушками из-за включений остатков анионов электролита и внутренний слой, отстоящий от поры, относительно чистого оксида алюминия, в котором отсутствуют электронные ловушки — приводит к специфическим электрическим свойствам. В таких анодных пленках обнаружены бистабильные переключающие свойства и эффект памяти, которые можно использовать для создания элементов энергонезависимой памяти. Предполагается, что эффект памяти, связанный с изменением сопротивления анодного оксида, вызван накоплением электрического заряда в электронных ловушках при протекании электрического тока.

Ключевую роль в процессе переключения играют носители заряда и ловушки, находящиеся вблизи интерфейса барьерный слой Al_2O_3/Al контакт. При прямом включении носители заряда инжектируются в барьерный слой, уменьшается его сопротивление. При обратном напряжении, носители заряда двигаются из барьерного слоя обратно в обкладку и сопротивление уменьшается. Сброс электронов осуществляется путем термоактивации.

Целью работы является исследование изучение «явления переключения» в МДМ-структурах на основе пористого оксида алюминия и выявление в них мемристорных свойств.

В качестве исследуемого материала использовались пленки на основе ПАОА, полученные методом электрохимического травления в электролитах на основе серной, щавелевой и ортофосфорной кислотах [1, 2]. Для измерений электрофизических параметров использовался измеритель иммитанса Е7-20. Исследования проводились как для нанопористых мембран, так и для тонких нанопористых слоев оксида алюминия. При формировании конденсаторных структур с использованием тонких нанопористых слоев роль нижнего электрода исполняла алюминиевая часть подложки, не успевшая прореагировать с электролитом. Группу верхних электродов из алюминия диаметром 2 мм наносили на все исследуемые образцы методом магнетронного распыления. При исследовании параметров сквозных мембран нижний электрод из алюминия также формировали с помощью магнетронного распыления, причем электрод наносили на всю поверхность мембраны. Перед напылением образцы подвергались термической обработке.

Анализ ВАХ показал, что чем тоньше пористый слой, тем меньшее напряжение требуется для реализации эффекта «переключения». Проведенные электрофизические исследования позволили выявить наличие эффекта переключения (при U=5 — 15 В) для мембран и тонких слоев пористого оксида. Обнаруженное явление дает возможность использовать данный материал в технологии создания мемристоров. Измерены электрофизические параметры: ε=2 — 4, tgδ=0,001 — 0,02, ρ=(5 — 6)·10^3 Ом·см (для тонких слоев) и ε=3 — 10, tgδ=0,03 — 0,1, ρ=(2 — 5)·10^6 Ом·см (для мембран).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 31 16-38-60110 мол_а_дк.

Список литературы:

1. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы / Под ред. В. В. Лучинина,

Ю. М. Таирова. — М.: Физматлит, 2006.
2. Химические методы получения керамических и полимерных наноматериалов из жидкой фазы: учеб.пособие / Под общ. ред. В. В. Лучинина и О. А. Шиловой / СПбГЭТУ «ЛЭТИ» . — СПб., 2013. — 218 с.

Электрофизические характеристики синтезированных монокристаллических алмазов, легированных бором

В. А. Лукашкин, Е. С. Кунашик

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

В настоящее время традиционно остро стоит вопрос об увеличении быстродействия, повышении мощности элементов и устройств микроэлектроники, при сохранении размеров. Кремний уже не может удовлетворить требованиям специализированной и СВЧ-электроники и в качестве его альтернативы, как материала с большей подвижностью носителей заряда, лучшей теплопроводностью и механической устойчивостью может быть использован полупроводниковый алмаз. Но из-за необходимости высокого уровня легирования для создания устройств на его основе, необходимы высококачественные методы контроля как поверхности образца, так и концентрации примеси и ее распределения.

В работе исследовались образцы синтезированного монокристаллического алмаза, легированного бором. Кристаллы характеризовались многосекторным ростом, а образцы для измерений выпиливались перпендикулярно направлению роста (111), так что на одном образце наблюдалось несколько характерных областей. Эти области видны, как области разного цвета (из-за разной степени легирования), причем грань (111) будет иметь самый насыщенный цвет.

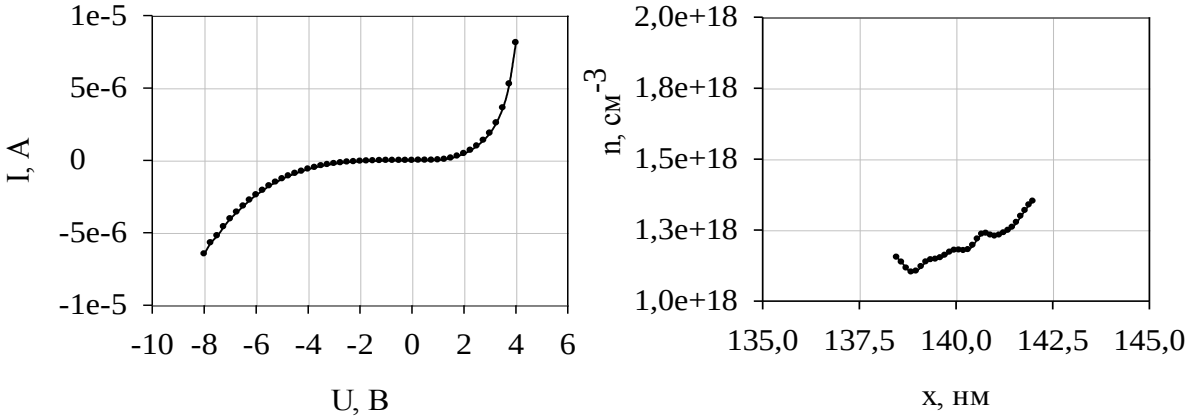


Рис.1. ВАХ (справа) и концентрация основных носителей заряда (слева) для сильно легированной области (насыщенный синий цвет)

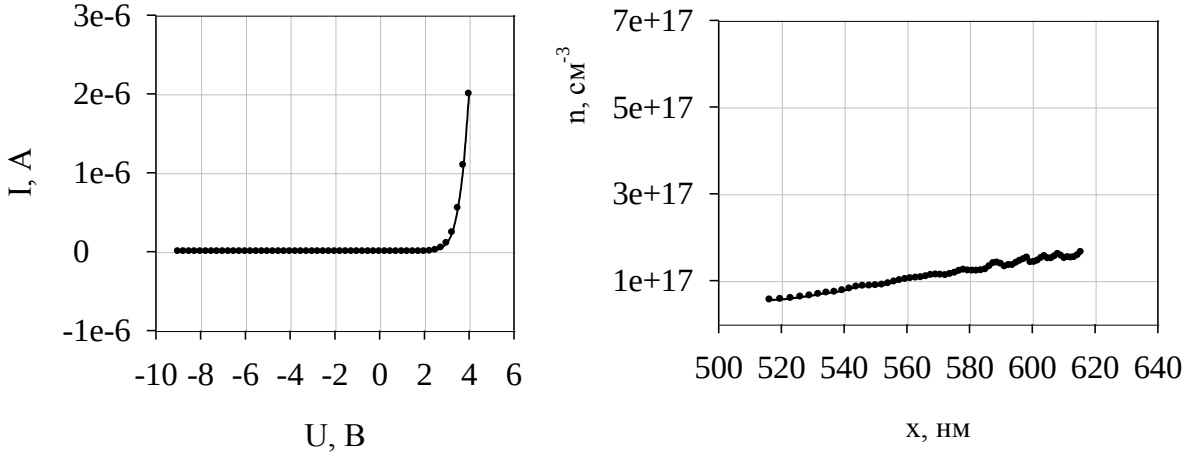


Рис.2. ВАХ (справа) и концентрация основных носителей заряда (слева) для слабо легированной области (белый/прозрачный)

Для анализа электрофизических свойств алмаза были измерены вольт-амперные (ВАХ) и вольт-фарадные (ВФХ) характеристики при $T_{ком}$ на автоматизированной установке спектроскопии адмиттанса.

Первым пунктом измерения является ВАХ, которая в частности позволяет найти область напряжений, в которой будут проводиться измерения ВФХ. Типичные ВАХ синих и прозрачных областей кристалла представлены на рис.1 и 2. Они имеют вид типичной зависимости для диода Шоттки, но существенно различаются по крутизне и напряжению пробоя.

ВФХ имеют ключевое значение для данной работы, так как из их интерпретации мы определяем уровень легирования образца [1]. Типовые зависимости измерялись на трех частотах 500, 100 и 50 кГц и в диапазоне напряжений — 3,5 — 0 В. На основе полученных измерений строилась карта распределения примеси по образцу. В разных точках образца на участках синего и белого цвета концентрация примеси различалась более, чем на порядок.

Полученные в ходе данной работы зависимости, их анализ и интерпретация позволяют получить достоверные данные об электрофизических параметрах полупроводникового монокристаллического синтезированного алмаза, а также, с помощью ВФХ получено распределение концентрация основных носителей заряда по глубине образцов.

Список литературы:

1. Зубков В.И. Диагностика полупроводниковых наногетероструктур методами спектроскопии адмиттанса. ─ СПб: Изд-во «Элмор», 2007.

Исследование технологических параметров проекционной литографии при производстве изделий акустоэлектроники в цмст ОАО «Авангард»

Т. А. Манвелова[1,2], С. В. Дзюбаненко[2]

[1]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

[2]ОАО «Авангард»

В настоящее время наблюдаются две основные технологические тенденции развития современной микроэлектроники: миниатюризация радиоэлектронной аппаратуры и увеличение производительности изделий. Для соответствия этим процессам требуется последовательное уменьшение проектных норм.

Поэтому сформулирована следующая цель исследования: поиск оптимальных технологических параметров проекционной литографии для производства изделий с топологическими нормами 0,35 мкм. Поставленная цель определила задачи проекта: изучить влияние применения антиотражающего покрытия на результат технологического процесса и определить коэффициент металлизации как критерий устойчивости результата технологического процесса в различных точках пластины.

Объектом работы являлся технологический процесс проекционной литографии с длиной волны экспонирующего излучения 355 нм с последующей обратной («взрывной») литографией, а предметом — чувствительный элемент акустоэлектронного беспроводного датчика температуры, созданного в ОАО «Авангард» (ПАВ-метка). Это устройство включает в себя ВШП и 3 рефлектора.

Для предотвращения «недовзрыва» металла со стенок маски перед фоторезистом дополнительно наносилось подслойное антиотражающее покрытие (АОП), которое обладает свойством проявления совместно с фоторезистом, создавая при этом необходимые полости, в которые металлизация не наносится. Тогда металл при осаждении не попадает непрерывно на стенки маски и на подложку и решается одна из основных проблем «взрывной» литографии.

Коэффициентом металлизации ПАВ-метки называется величина, равная отношению ширины к периоду электродов. Для его расчета выбраны ПАВ-метки в разных точках пластины и получены их РЭМ-изображения и профили пространственного распределения вторичных электронов. Расчет коэффициента металлизации проводился автоматизировано с помощью разработанной макропрограммы на языке Visual Basic for Applications. Построена зависимость коэффициента металлизации ВШП и трех рефлекторов от номера ПАВ-метки. Сравнительный анализ полученных результатов показал, что разброс значений коэффициента металлизации в различных точках пластины составляет не более 5%, что подтверждает устойчивость технологического процесса.

Таким образом, получены следующие результаты исследования: установлено влияние антиотражающего покрытия на результат технологического процесса и устранена проблема «недовзрыва» металла со стенок маски фоторезиста; рассчитан коэффициент металлизации, величина разброса значений которого по пластине не превосходит 5%, что свидетельствует об устойчивости технологического процесса.

Результаты данного исследования используются в ЦМСТ ОАО «Авангард» при производстве акустоэлектронных устройств.

Список литературы:

1. Калинин В.А. Система контроля температуры электроэнергетических объектов на базе пассивных беспроводных датчиков на поверхностных акустических волнах с функцией радиочастотной идентификации / В.А. Калинин, Т.В. Кронидов // Вопросы радиоэлектроники, сер. ОТ. — 2014. — вып. № 2. — С.143-156.

2. Манвелова Т.А. Новые технологические решения фотолитографии в ЦМСТ ОАО «Авангард» / В.В. Пинаев, Т.А. Манвелова // Сборник докладов VIII научно-технической конференции молодых специалистов по радиоэлектронике ОАО «Авангард» — СПб.: «Аграф +», 2016. — С. 17 — 24.

3. Манвелова Т.А. Оптимизация технологических параметров проекционной литографии при изготовлении компонентов высокочастотных акустоэлектронных устройств: ВКР бакалавра. ─ СПБГЭТУ «ЛЭТИ», СПб. ─ 2016.

Создание люминофора на основе массивов коллоидных квантовых точек CDS и CDSE

Н.Я. Манзюк

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

В поисках более дешевых и практичных материалов ученые обращают свое внимание на универсальные вещества, которые могут проявлять различные свойства в зависимости от условий получения, и служат основой для изготовления различных типов приборов. Например, для изготовления светоизлучающих приборов, систем индикации на основе гибких светодиодных панелей и солнечных батарей используются коллоидные квантовые точки (ККТ). Данный материал представляет собой полупроводниковые частицы нанометрового размера, синтезированные в жидкой среде и обладающие уникальными оптическими свойствами. Изменяя технологические параметры синтеза, можно менять геометрический размер и состав КТ. В результате удается регулировать важнейшие свойства данных частиц, как например, спектр излучения ККТ [1]. Благодаря этому эффект из ККТ можно изготавливать люминофоры с задаваемой длиной волны фотолюминесценции (ФЛ), с последующим применением их в конструкции светоизлучающих структур.

В работе исследовались люминесцентные свойства двух типов коллоидных квантовых точек, имеющих высокий квантовый выход. ККТ сульфида кадмия (CdS), диапазон длин волн которых составляет от 380 до 480 нм и ККТ селенида кадмия (CdSe), диапазон длин волн составляет от 500 до 680 нм. Преимуществом ККТ CdSe является наличие широкозонной оболочки из ZnS, поэтому данный тип ККТ менее склонен к агрегации и слипанию.

Для создания светоизлучающих структур ККТ различных размеров осаждались на стеклянную подложку капельным методом. Однако, при нанесении на подложку происходило взаимодействие между ККТ CdS и CdSe, выраженное в полном гашении ФЛ коротковолновых ККТ CdS. Данный эффект можно объяснить агрегацией двух типов частиц, которое приводит к резкому переходу от излучательной к безызлучательной рекомбинации. Эффект гашения ФЛ удалось уменьшить путем внедрения квантовых точек в полимерную матрицу, предварительно подобрав необходимую концентрацию полимера. Таким образом, исследовав взаимодействие ККТ между собой и с поверхно-

стью подложки [2, 3], были введены поправочные коэффициенты, учитывающие параметры ККТ (квантовый выход, концентрацию точек и полимера и др.) и их взаимодействие.

Подобрав оптимальный состав смеси из различных типов ККТ и полимерной матрицы, был создан люминофор с требуемым спектром излучения. В основном использовался метод центрифугирования с последующим проведением отжига в вакууме при температурах 90 ^{o}C в течение 30 минут. В качестве эталонного спектра часто используются приближения, суть которых стоит в аппроксимации спектра Солнца спектром абсолютно черного тела (АЧТ) при определенной температуре. В качестве эталона для созданного люминофора использовался спектр АЧТ при температуре 6504 К, соответствующий рассеянному солнечному свету.

Важным цветовым параметром созданного люминофора является индекс цветопередачи (CRI), описывающий соответствие цветности свечения заданному источнику в видимом диапазоне спектра.

На основе созданного люминофора разрабатывается светоизлучающая структура с высоким индексом цветопередачи. Полученные данные свидетельствуют, что созданные светоизлучающие структуры обладают высокой эффективностью при пониженной стоимости. Благодаря использованию ККТ удалось добиться хорошей цветопередачи (выше 90) в видимой области спектра и реализовать заданную форму спектральных характеристик светоизлучающих структур.

Список литературы:

1. S. A. Tarasov. Study of the Self-Organization Processes in Lead Sulfide Quantum Dots [Text] / S. A. Tarasov, O. A. Aleksandrova, A. I. Maksimov, E. V. Maraeva, L. B. Matyushkin, E. A. Men'kovich, V. A. Moshnikov, S. F. Musikhin // Semiconductors. — 2014. — Vol. 48. — No. 13. — P. 1729–1731.

2. I. I. Mikhailov. The study of CdSe colloidal quantum dots synthesized in aqueous and organic media/ I. I. Mikhailov, S. A. Tarasov, A. V. Solomonov, O. A. Aleksandrova, L.B. Matyushkin, D. S. Mazing // Journal of Physics: Conference Series. — 2014. — Vol. 572.

3. I. I. Mikhailov. The investigation of the luminescence properties of colloidal quantum dots based on cadmium chalcogenides / I. I. Mikhailov, S. A. Tarasov, A. V. Solomonov, L. B. Matyushkin, D. S. Mazing // Functional materials. — Vol.21. — No.2. — 2014. — P. 142-145.

4. С. А. Тарасов. Люминесцентные свойства структур, содержащих массивы коллоидных квантовых точек CdS, CdSe/ZnS и CdZnSeS/ZnS / С. А. Тарасов, И. И. Михайлов, Е. М. Степанов, Д. В. Вылегжанин, М. О. Гуревич, Л. И. Козлович, А. В. Корнеева, П. О. Тадтаев, А. В. Соломонов // Нано- и микросистемная техника. — 2016. — Т. 18. — № 9. — С. 558-

562.

Исследование гидрохимически осаждённых слоёв и порошков халькогенидов индия для солнечной энергетики

Е. В. Мараева[1], С. С. Туленин[2], Е. Р. Бойко[1]

[1]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

[2]Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

В настоящее время тонкие пленки сульфида индия In_2S_3 являются перспективным материалом солнечной энергетики. Целью данной работы является исследование свойств слоев и порошков на основе In_2S_3, полученных методом гидрохимического осаждения, который совмещает в себе одновременно как эффективность и доступность, так и экологическую безопасность [1].

Образцы сульфида индия (III) были синтезированы кафедре физической и коллоидной химии в УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина [2]. В результате гидрохимического синтеза были полученные тонкие слои толщиной от 300 до 850 нм в зависимости от условий осаждения. По данным оптической микроскопии было установлено, что наиболее равномерная бездефектная структура пленок In_2S_3 наблюдается в области центре подложки. Ближе к границе «подложка — слой» толщина слоя существенно уменьшается, а также возрастает количество дефектов.

При использовании метода тепловой десорбции азота [3] была определена удельная поверхность, приходящаяся на единицу массы для каждого из порошков из исследуемой серии образцов. Данные сведения позволили оценить средний размер частиц, который колеблется от 40 до 90 нм. Предположительно уменьшение размеров частиц связано с изменением концентрации соли металла в исходном растворе. С увеличением содержания метала в исходном растворе также уменьшалась шероховатость пленки, что было установлено при исследовании образцов методом АСМ в полуконтактном режиме [4, 5].

При исследовании образцов методом спектроскопии комбинационного рассеяния света было установлено, что рамановские спектры образцов, полученных методом гидрохимического осаждения, являются размытыми, что говорит о малой кристаллизации структуры данных пленок. Однако положение

рефлексов соответствует кристаллической фазе In_2S_3 [6]. При проведении термических отжигов в диапазоне температур от 50 ˚С до 350 ˚С новых фаз не наблюдается, так же сохраняется степень окристаллизованности структуры, что говорит о термической стабильности исследуемых образцов в данном температурном диапазоне.

Авторы благодарят профессора В. А. Мошникова и профессора В. Ф. Маркова за помощь и поддержку при проведении совместных исследований, а также В. С. Левицкого за помощь в получении и интерпретации результатов спектроскопии комбинационного рассеяния света.

Список литературы:

1. Марков В.Ф., Маскаева Л.Н., Иванов П.Н. Гидрохимическое осаждение пленок сульфидов металлов: моделирование и эксперимент. — Екатеринбург : УрО РАН, 2006. — 218 с.
2. Туленин С.С. Гидрохимическое осаждение пленок In_2S_3, In_2Se_3 и халькопиритных структур на их основе: автореф. дис.… канд. хим. наук : 02.00. 04. ─ Екатеринбург, 2015. — 197 с.
3. Белорус А. О., Мараева Е. В., Спивак Ю. М. Современные методы анализа параметров пористой структуры материалов. Исследование порошков пористого кремния методом капиллярной конденсации //Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета ЛЭТИ. — 2015. — Т. 2. — С. 11-14.
4. Александрова О. А. и др. Диагностика материалов методами сканирующей зондовой микроскопии // Учеб. Пособие / Под ред. проф. ВА Мошникова. ─ СПб.: Изд-во СПбГЭТУ ЛЭТИ. — 2012.
5. Мошников В. А., Спивак Ю. М. Метрологический тестовый образец // Патент на полезную модель RUS. — 2010. — Т. 95396. — №. 11.01.
6. Izadneshana H., Gremenok V. F. Micro Structural Analysis of In2S3 Thin Films by Raman Spectroscopy //Journal of Applied Spectroscopy. — 2014. — Т. 81. — №. 5. — P. 765-770.

Ионно-плазменные методы получения покрытий на основе углерода

Ю. М. Мосолова, С. А. Трифонов

Санкт-Петербургский Государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Развитие современной науки и техники выдвигает новые требования к эксплуатационным свойствам покрытий, формируемых в вакуумных системах, с использованием ионно-плазменных технологических устройств. Здесь

следует выделить производство изделий микро- и оптоэлектроники, инструментальное производство, масс-спектрометрию, радиационно-химические производства, ускорительную технику [1,2].

Одним из основных направлений современных научных разработок является создание композитных материалов на основе углерода и углеродных соединений. Многочисленные исследования в данной области показывают, что наиболее перспективными структурами для формирования функциональных покрытий, являются покрытия на основе углерода.

Существуют два класса технологий формирования α-C и α-C:H пленок — это методы физического осаждения из газовой фазы (ФОГФ или PVD) и химического осаждения из газовой фазы (ХОГФ или CVD).

К методам PVD относятся технологии и методы, использующие магнетронные распылительные и вакуумно-дуговые системы [3].

Установлено, что свойства этих покрытий сильно зависят от метода и технологических параметров процесса их формирования [4], а также от концентрации водорода, от которой зависит вид химических связей между элементами (вид гибридизации валентных электронов: sp^2 или sp^3. Оценить соотношение фаз с различной гибридизацией можно с помощью спектроскопии характеристических потерь энергии электронов.

На формирование поверхности при вакуумно-дуговом нанесении покрытий влияют не только бомбардировка ускоренными ионами материала катода, но и микрочастицами, первоначально твердыми, а с увеличением времени обработки — расплавленными [5]. Характер взаимодействия частиц с поверхностью в значительной мере определяется температурой основы, которая, в свою очередь, определяется величиной приложенного отрицательного потенциала смещения, типа ионов и их заряда, теплотой кристаллизации расплавленных частиц, продолжительностью обработки [6 — 8].

Магнетронные распылительные системы позволяют повысить качество формируемого покрытия, за счет значительного снижения загрязнений пленок посторонними включениями. Локализация электронов вблизи мишени предотвращает бомбардировку ими подложек, что снижает температуру и радиационные дефекты в создаваемых структурах [9]. Главными достоинствами магнетронных распылительных систем являются относительно высокие скорости осаждения и возможность получения равномерных по толщине пленок на подложках большой площади. Показано преимущество использования МРС для получения тонких пленок структуры *a*-C и *a*-C: (Me).

Список литературы:

1. Фролов В. Я., Лисенков А. А., Барченко В. Т. Физические основы применения низкотемпературной плазмы. Учебное пособие. Изд-во СПГПУ: СПб, 2010. 221 с.
2. Фролов В. Я., Лисенков А. А. и др. Электротехнологические промышленные установки: учебное пособие. — СПб: СПГПУ. — 2010. — 572 с.
3. Lisenkov A. A., Valuev V. P. Vacuum Arc Discharge on Integrally Cold Cathode // Vakuum in Forschung und Praxis. — 2011. — V. 23. Iss.6. P. 32-36.
4. Bystrov Yu. A., Vetrov N. Z., Lisenkov A.A. Plasmachemical synthesis of carbide compounds in metal-containing plasma jet from vacuum arc discharge // Technical Physics Letters. — 2008. — Vol. 34. № 9. — P. 734–736.
5. Bystrov Yu. A., Vetrov N. Z., Lisenkov A. A. Anti-Emission Intermetallie Coating Based on Platinum and Zirconium // Technical Physics Letters. 2009. Vol. 35. № 7. P. 618–621.
6. Bystrov Yu. A., Vetrov N. Z., Lisenkov A. A. Barrier Layer of an Anti-Emission Coating // Technical Physics Letters. — 2010. — Vol. 36. № 6. — P. 570–573.
7. Bystrov Yu. A., Vetrov N.Z., Lisenkov A.A. Special Aspects of Structure Formation of a Multicomponent Layer from Arc-Vacuum Plasma // Technical Physics Letters. — 2013. — Vol. 39. № 10. — P. 914–916.
8. Bystrov Yu. A., Vetrov N.Z., Lisenkov A.A. Kostrin D.K. Technological Capabilities of Vacuum Arc Plasma Sources // Vakuum in Forschung und Praxis. — 2014. — Vol. 26. Iss. 5. — P. 19–23.
9. Barchenko V.T., Trifonov S.A., Lisenkov A.A. Modernization of ion plasma modules for application of nanostructured carbon coatings // Известия высших учебных заведений. Физика. — 2014. — Т. 57. № 11-3. — С. 5–7.

Микросборка элементов микросистемной техники методом адгезивного сращивания по технологии каплеструйного нанесения вещества

В.А. Никонова, О.С. Бохов, В.В. Лучинин

Санкт-Петербургский Государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

В настоящее время сектор микросистемной техники (МСТ) активно развивается [1]. Изделия МСТ используются в различных областях деятельности человека – биотехнология, медицина, наноэлектроника [2]. Устройства МСТ зачастую состоят из дискретных элементов. Процесс соединения элементов друг с другом с обеспечением механического соединения и электрической коммутации называется микросборкой. В ряде случаев операция микросборки представляет собой микрокорпусирование, а, значит, именно на этом этапе изготовления устройства определяются его основные массогабаритные характеристики.

Одним из самых распространенных методов микросборки является адгезивное сращивание. В качестве адгезива выгодно использовать нанокомпозиты – наночастицы, диспергированные в растворителе. Широкий спектр нанокомпозитов (различные виды и размер наночастиц) позволяет получать адгезивные слои с требуемыми параметрами (электрическая, оптическая и теплопроводность и др.).

Элементы МСТ имеют ряд особенностей, среди которых сложный рельеф поверхности и наличие подвижных микромеханических деталей, что делает невозможным применение стандартных операций микрокорпусирования, а также групповых методов обработки. Поэтому для проведения экспериментов была выбрана безмасочная технология каплеструйного нанесения адгезива, обладающая такими преимуществами как прецизионность дозирования, прецизионность нанесения.

Были проведены эксперименты двух типов: по сборке кристалл-чипов из карбида кремния в стэк и по микрокорпусированию электростатических кремниевых микрофонов. В качестве адгезива был выбран нанокомпозит на основе наночастиц серебра. Известно, что при уменьшении размера частиц до нанометрового диапазона (10^{-7}…10^{-9} м) температура плавления материала снижается [3,4]. Средний размер наночастиц используемого адгезива находится в диапазоне 70…115 нм, что позволяет отверждать нанокомпозит при температуре не выше 250°С. После отверждения слой серебра обладает электрической проводимостью, достаточной для нормальной работы устройства. Нанокомпозит наносили на сращиваемые элементы на установке каплеструйного нанесения вещества по предварительно разработанным шаблонам. После выпаривания растворителя на нижний элемент микросборки устанавливали следующий элемент с помощью установки автоматического прецизионного монтажа. Выдерживали полученную конструкцию в конвекционной печи при температуре отверждения нанокомпозита в течение 1 часа. При этом органическая оболочка наночастиц, предотвращающая их агломерацию, испарялась, стал возможен непосредственный контакт частиц серебра между собой с последующим их спеканием в твердое пористое тело. Процесс спекания можно разделить на три этапа. На первом этапе частицы перестраиваются относительно друг друга, образуются мостики в области контакта частиц между собой. На втором этапе происходит удлинение зеренных границ, снижение пористости, усадка материала. На третьем этапе завершается схлопывание пор в материале, происходит значительный рост

зерен. Основными механизмами массопереноса при спекании являются объемная и граничная диффузия.

Эксперименты показали, что технология каплеструйного нанесения вещества может успешно использоваться для решения задач микросборки элементов МСТ.

Список литературы

1. Перспективы развития микросистемной техники в XXI веке [Электронный ресурс] / Д.М. Климов, А.А. Васильев, В.В. Лучинин // Нано- и микросистемная техника. Ежемесячный междисциплинарный теоретический и прикладной научно-технический журнал. URL: http://www.microsystems.ru/files/publ/198.htm (дата обращения: 27.02.2017)
2. Мальцев П.П. Перспективы разработки микросистемной техники в России [Электронный ресурс] / П.П. Мальцев // Нано- и микросистемная техника. Ежемесячный междисциплинарный теоретический и прикладной научно-технический журнал. URL http://www.microsystems.ru/files/publ/462.htm (дата обращения: 27.02.2017)
3. Сергеев Г.Б. Размерные эффекты в нанохимии [Электронный ресурс] / Г.Б. Сергеев // ChemNet. Химическая информационная сеть. Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. URL: http://www.chem.msu.su/rus/jvho/2002-5/22.pdf (дата обращения: 27.02.2017)
4. Особенности физических свойств нанообъектов. [Электронный ресурс] / П. К. Коротков, О.В. Гудиева, З.М. Дреев и др. // Журнал «Фазовые переходы, упорядоченные состояния и новые материалы». URL: ptosnm.ru/ru/issue/2013/1/82/publication/772 (дата обращения: 27.02.2017)

Особенности электрического пробоя тонких слоев сплава ITO для формирования микро- и нанофрактальных прозрачных структур

М. К. Овезов[1], А. А. Бобков[1], В. Ф. Бородзюля[2]

[1]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

[2]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Возросший в последнее время интерес к нанотехнологиям [1,2] и к фрактальным структурам побуждает исследователей искать новые применения и изучать новые свойства таких структур.

В работе [3] было выяснено, что электрический пробой проводящего покрытия In_2O_3-SnO_2 (ITO) может привести к образованию на этом покрытии фрактальной наноструктуры.

Для исследования процессов пробоя была собрана установка, схема которой представлена на рис. 1, позволяющая за счет использования индий-галлиевого

жидкообразного зонда создавать высокие локальные напряженности поля и обеспечивался диаметр пятна контакта электрода с пленкой 30 — 50 мкм.

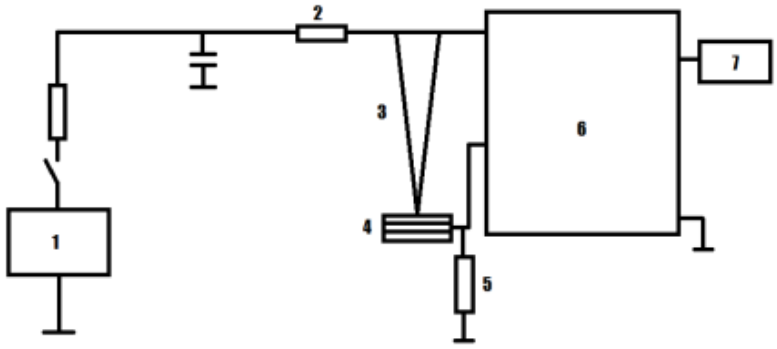


Рис. 1. Схема экспериментальной установки [4]. 1 — источник напряжения; 2 — ограничительное сопротивление; 3 — зонд; 4 — пленка ITO; 5 — измерительное сопротивление; 6 — двухканальный осциллограф; 7 — компьютер

Результатам эксперимента по последовательному пробою пленок различной конфигурации и при разных электрических параметрах посвящена работа [4], в которой было выяснено, что, в зависимости в первую очередь от толщины пленки, определяющий фактор разрушения пленки можно отнести к одной из трех групп:

- тепловой пробой;
- пробой с проявлением пинч-эффекта [5];
- пробой с кулоновским взрывом [6]

В данной работе будут обобщены результаты по исследованию электрических характеристик и представлен анализ особенностей процессов электрического пробоя.

Список литературы:

1. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы/ Под ред. В. В. Лучинина и Ю. М. Таирова. — М.: Физматлит, 2006. Серия «Новые наноматериалы».

2. Синтез. Диагностика. Моделирование / Александрова О.А. и др. //Лабораторный практикум. — СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015

3. Формирование тонкопленочных фрактальных микро- и наноструктур методом электрического разряда / Тарасов С. А., Бобков А.А., Бородзюля В.Ф. и др. // Наука и образование: технология успеха. Международная научная конференция. — СПб.: Издательство СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2016. — С. 84–92

4. Овезов М. К., Бобков А. А., Бородзюля В. Ф. Тонкопленочные фрактальные микро- и наноструктуры, полученные методом электрического разряда // Молодой ученый. — 2017. — № 4. — С. 31-35.

5. Пинч-эффект в плазме твердого тела / Владимиров В. В. // Успехи Физических Наук.

1975. — Вып. 117. — С. 79–118
6. Кулоновский взрыв «горячей точки» микроскопией / Орешкин В.И., Орешкин Е.В. // Журнал технической физики. — 2017. — Т. 87, вып. 1. — С. 33–37.

Гидрирование антрацена в присутствии нанокомпозитного катализатора — Fe_2O_3 / УС

А. Т. Ордабаева, Ж. С. Ахметкаримова, Ж. Х. Мулдахметов, М. Г.Мейрамов

Институт органического синтеза и углехимии РК

Республика Казахстан обладает большими запасами природных и особенно энергетических ресурсов. На территории нашей страны есть месторождения тяжелых нефтей и угля, которые могут служить источниками для получения синтетического моторного и котельного топлива. За последние 20 лет наиболее интенсивно разработка технологий гидрогенизации углей с применением железосодержащих отходов проводится в Японии, Англии и России. Степень конверсии органической массы угля составляет 65-80%. Катализаторы на основе железа экономически выгодны, так как они показывают достаточно высокую активность, дешевы и, в случае использования в этих целях отходов металлургического производства, экологически более предпочтительны [1,2].

Целью данной работы является апробация полученного нанокомпозитного железосодержащего катализатора в процессе гидрогенизации модельного соединения — антрацена. Метод получения катализатора включает пропитку угольного сорбента (УС) пентакарбонилом железа с последующим окислением его до оксида железа.

Исследование продуктов гидрирования модельного соединения антрацена проводили методом хромато-масс-спектрометрии на приборе HP 5890/ 5972 MSD фирмы Аджилент (США) и газожидкостной хроматографии на хроматографе «Кристаллюкс 4000М», детектор ПИД, на капиллярной колонке DB-5ms l-30м, d-3мм, в интервале температур 60 — 300 ˚С [3]. Идентификация веществ производят по масс-спектральной базе данных NIST98.

Для изучения активности и селективности железосодержащего катализатора (Fe_2O_3/УС) в процессе гидрогенизации антрацена провели реакцию каталитического гидрирования (табл. 1).

При проведении процесса гидрирования антрацена в присутствии синтезированного нанокомпозитного катализатора (Fe2O3/УС) степень конверсии

достигает 93,4-94,3%.

Таблица 1

Состав основных продуктов гидрирования антрацена на нанокомпозитном катализаторе

Катализатор	Название соединения	Содер-жание, %	Конверсия антрацена, %
Fe_2O_3 / УС — 5%	1-метил-4-(фенилметил) бензол 2-бутилнафталин 2-этил-1,1´-дифенил дигидроантрацен октагидроантрацен тетрагидроантрацен фенантрен антрацен	0,7621 2,5502 7,0678 18,7941 4,0073 56,3298 0,3338 6,5628	93,44
Fe_2O_3 / УС - 2,5%	1-метил-4-(фенилметил) бензол 2-бутилнафталин 2-этил-1,1´-дифенил дигидроантрацен октагидроантрацен тетрагидроантрацен фенантрен антрацен	0,8247 3,2818 8,625 14,4386 4,7737 53,7218 0,5131 5,629	94,37

Таким образом, полученный композитный катализатор на основе угольного сорбента и пентакарбонила железа позволяет увеличить конверсию и выход жидких продуктов углеводородного сырья за счет высокой активности и селективности.

Список литературы:

1. Мейрамов М.Г., Ермагамбетов Б.Т., Хрупов В.А., Байкенов М.И. Использование отходов металлургии в качестве катализаторов гидрирования в системе CO/H_2O на примере антрацена // Изв. АН Каз ССР. Серия химическая. — 1991. — № 2. — С. 89.

2. Кусумано Дж., Делла-Бетта Р., Леви Р. Каталитические процессы переработки угля. М.: Химия. — 1984. — 288 с.

3. Айвазов Б.В. Основы газовой хроматографии. — М.: Высшая школа. — 1977. — С. 129-1376.

Изучение интерметаллических Ni–Al пористых подложек

А. А. Пономарева[1], Е. В. Мараева[2], Е. Н. Муратова[2]

[1]Дальневосточный федеральный университет

[2]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) очень привлекательны с точки зрения их высокой эффективности и возможности использования различного типов топлива от водорода до углеводородов [1].

Однако успешная коммерциализация ТОТЭ технологий на данный момент сдерживается рядом существенных факторов, таких как: высокая стоимость материалов, используемых для создания ТОТЭ; подверженность ячеек к нарушению рабочих функций из-за быстрого температурного перехода, механической шоковой нагрузки или окисления/загрязнения анода; процесс производства завязан на высокоэнергетическом процессе создания больших сложных керамических образцов. Альтернативный традиционному дизайну ТОТЭ — ТОТЭ на металлических подложках (МП-ТОТЭ) — в последние годы привлекает к себе все больше внимания, благодаря малой стоимости получаемых элементов (используется меньше дорогостоящего материала), износоустойчивости и преимуществам в технологии производства [2]. В МП-ТОТЭ металлическая основа несет на себе как функцию механической поддержки, так и токосъемного элемента [3]. В настоящее время изучение МП-ТОТЭ является интересной задачей для международных проектов [4, 5]. Многие металлические композиции опробованы в качестве основ для МП-ТОТЭ, включая Ni, FeNi, NiCrAlY и ферритную нержавеющую сталь [2]. В нашем случае выбор материалов для оснований ограничен, так как некоторые элементы, содержащиеся в материалах подложек (например, Fe или Cr), могут реагировать с материалами нанесенных функциональных слоев из-за высоких рабочих температур (700 — 1000 °C). По этой причине для изучения структурных свойств были выбраны пористые металлические подложки на основе Ni–Al, с целью оценить возможность их применения в качестве основ для структур ТОТЭ. Данные структуры были изготовлены методом СВС специалистами Томского научного центра под руководством Мазного А. С. и Кирдяшкина А. И. [3].

Исследования в первую очередь были сконцентрированы на изучение удельной площади поверхности и способов модификации материала для увеличения этого параметра. В ходе экспериментов был подобран состав среды

для осуществления химического травления с целью увеличения удельной площади поверхности примерно в 2 раза. Планируются дальнейшие исследования с применением оптических методик, атомной силовой спектроскопии, с последующим фрактальным анализом полученных изображений [6–8].

Список литературы:

1. Пономарева А.А., Иванова А.Г., Шилова О.А., Кручинина И.Ю. Современное состояние и перспективы изготовления и эксплуатации топливных элементов, работающих на метане (обзор) // Физика и химия стекла. — 2016. — Т. 42. № 1. — С. 7-32.
2. Tucker M.C. Progress in metal-supported solid oxide fuel cells: A review // J. Power Sources. 2010. — V. 195. — P. 4570–4582.
3. A.A. Solovyev, S.V. Rabotkin, A.V. Shipilova, A.I. Kirdyashkin, et al. Solid oxide fuel cell with Ni-Al support // Int. J. Hydrogen Energy. 2015. — V. 40. — P. 14077–14084.
4. Mougin J., Robust Advanced Materials for metal Supported SOFC // Final Report Summary — 2014. — (11 pages).
5. Smorygo O., et al. Porous substrates for intermediate temperature SOFCs and in-cell reforming catalysts // Catalysis for Sustainable Energy. 2013. — P. 90-99. DOI: 10.2478/cse-2013-0005
6. Suchaneck G., Ponomareva A.A., Gerlach G., Brychevskyi M.M., Brodnikovskyi I.M., Vasylyev O.D. Fractal analysis of surface topography of solid oxide fuel cell materials // Diffusion and Defect Data Pt.B: Solid State Phenomena. 2013. — Т. 200. — С. 293-298.
7. Пономарева А.А. Количественные оценки морфологической фрактальной размерности поверхности металлооксидных нанокомпозитных слоев // В сборнике: 68-я научно-техническая конференция, посвященная Дню радио Труды конференции. 2013. — С. 253-254.
8. Мошников В.А., Пономарева А.А. Зависимость поверхностной фрактальной размерности золь-гель пленок от температуры отжига // В сборнике: 66-я научно-техническая конференция, посвященная Дню радио Труды конференции. 2011. — С. 305-306.

Особенности изготовления деталей из полипропилена методом экструзионной трехмерной печати

Ю. Б. Радионова, Н. В. Пермяков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

В экструзионной печати или технологии послойного наплавления материала (fused deposition modeling, FDM) объект формируется путем послойной укладки расплавленной нити из плавкого рабочего материала (пластик, металл, воск). Работа связана с изготовлением методами экструзионной печати лабораторной оснастки, созданием лабораторных стендов и установок [1-3], а также использованием 3D-принтера для печати коллоидными растворами [4, 5] для целей микро- и наноэлектроники.

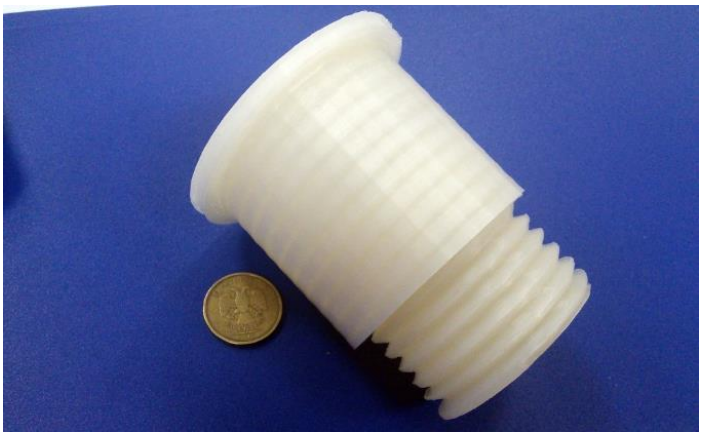


Рис. 1. Выполненные на 3D-принтере полипропиленовый держатель колбы из двух деталей для регулирования высоты

В то время как печать ABS- и PLA-пластиками успешно реализована на промышленном уровне, некоторые технологические вопросы остаются актуальными для экструзионной печати другими полимерами, например, химически инертным полипропиленом (PP), который отличается своей низкой удельной массой, нетоксичностью (что позволяет его использовать в пищевой промышленности), устойчивостью к агрессивным средам, низкой паро- и газопроницаемостью и долговечностью. Применения во многом обусловлены малой реакционной способностью полипропилена, что позволяет его использовать в случаях, подразумевающих возможность контакта с различными химическими веществами. Однако, помимо вышеперечисленных качеств, полипропилен обладает большим процентом усадки; при работе с ним следует обращать внимание на эту особенность.

Подбор параметров использования полипропиленовой нити является важным для получения инертных держателей и частей лабораторных установок. На рис. 1 представлен держатель колбы, выполненный из полипропилена.

Рассмотрены следующие особенности: использование вспомогательных слоев, режим воздушного охлаждения, скорости перемещения и выдавливания пластика, особенности конструкций держателей, температура экструзии.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Фонда поддержки научно-проектной деятельности студентов, аспирантов и молодых ученых «Национальное интеллектуальное развитие» в рамках научного проекта № 17-33-80010 «мол_эв_а».

Список литературы:

1. Л.Б. Матюшкин, Н.В. Пермяков. Применение технологии 3d-печати в обеспечении про-

фессионально ориентированной подготовки кадров в интересах наноиндустрии // Биотехносфера. — 2013. — № 3 (27). — С. 38 — 47.
2. Инертные держатели для синтеза полупроводниковых пленок / Н.В. Пермяков, А.О. Белорус, С.С. Туленин, Н.А. Форостяная, В.Ф. Марков // Новости материаловедения. Наука и техника. — 2015. — № 2. — С. 28 — 31.
3. Л.Б. Матюшкин, Н.В. Пермяков. Модуль механического позиционирования твердых и жидких образцов для измерения спектров фотолюминесценции // Новости материаловедения. Наука и техника. — 2015. — № 2. — С. 40 — 42.
4. Р.С. Зырянов, Н.В. Пермяков. Получение слоев функциональных материалов методами трехмерной печати // Наноструктурированные материалы и преобразовательные устройства для солнечной энергетики. Сборник трудов III Всероссийской научной конференции. — 2015. — С. 63 — 65.
5. Морфология, оптические и адсорбционные свойства слоев оксидов меди, осажденных из растворов комплексных соединений // Физика и техника полупроводников. — 2017. Т. 51, вып. 5. — С. 622-626 (в печати).

Особенности формирования структур на основе оксида цинка для солнечных элементов

А. А. Рябко, А. И. Максимов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Солнечные элементы на основе коллоидных квантовых точек (CQDSCs) привлекают все больший интерес из-за контролируемого диапазона поглощения света, простоты технологии и перспективы создания гибких элементов большой площади с коротким временем окупаемости [1]. CQDSCs имеет структуру гетероперехода широкозонный полупроводник n-типа проводимости/квантовые точки p-типа проводимости, где в качестве квантовых точек чаще всего используются КТ на основе сульфида свинца из-за широко перестраиваемой ширины запрещенной зоны. Перенос заряда в пределах слоя квантовых точек PbS происходит по прыжковому механизму с типичной диффузионной длиной неосновных носителей заряда менее 100 нм. Следовательно, толщина (слоя КТ обычно находится в диапазоне 200-300 нм. Однако для достижения эффективного поглощения света необходимая толщина слоя КТ PbS составляет порядка микрометра [2]. Поэтому особый интерес привлекает формирование объемного гетероперехода, в котором перспективным является использование массивов одномерных нанокристаллов оксида цинка в качестве широкозонного полупроводника n-типа проводимости [3-4].

В данной работе формирование наностержней ZnO проводилось низкотемпературным гидротермальным методом, где формирование наностержней происходит на основе следующей реакции: $Zn^{2+}+2OH^{-}\rightarrow Zn(OH)_2\rightarrow ZnO+H_2O$. В качестве ростового раствора для синтеза наностержней оксида цинка гидротермальным методом был выбран раствор с эквимолярными концентрациями гексаметилентетрамина и нитрата цинка равными 25 мМ. В качестве затравочного слоя использовались наночастицы ZnO, нанесенные методом центрифугирования с последующим отжигом. Синтез наностержней ZnO проводился при температуре 85 °С. Оптическая ширина запрещенной зоны определялась по спектрам оптической плотности и составила 3.27 эВ. Морфология полученных образцов исследовалась с помощью растровой электронной микроскопии. Толщина массивов наностержней ZnO составила 520 нм при длительности синтеза 2 часа. Однако в процессе синтеза в объеме раствора наблюдается появление осадка состоящего из агломератов наностержней ZnO, которые ведут к загрязнению поверхности подложки, а также истощению прекурсоров в растворе, что уменьшает скорость синтеза стержней ZnO.

Для подавления нуклеации в объеме раствора использовались гидроксид аммония и полиэтиленимин в качестве ПАВ. Гидроксид аммония формирует комплексы с ионами цинка $Zn^{2+} + nNH_3 \leftrightarrow [Zn(NH_3)_n]^{2+}$, где n = 1,2,3, или 4 и снижает степень пересыщения по цинку, а молекулы полиэтиленимина, адсорбируясь на зародышах в объеме раствора, за счет стерического эффекта препятствуют достижению критического размера зародышей ZnO. Так в ростовой раствор добавлялся полиэтиленимин с концентрацией 5 мМ и аммиачная вода. При таком способе длина синтезированных в течение часа наностержней ZnO составила 2 мкм.

Таким образом, подавление объемной нуклеации приводит к увечению скорости роста наностержней. Также подавление зародышеобразования в объеме раствора исключает загрязнения поверхности образца агломератами наностержней ZnO.

Данная методика низкотемпературного гидротермального синтеза слоев из одномерных нанокристаллов ZnO перспективна для создания солнечных элементов на основе объемного гетероперехода наностержни ZnO/квантовые точки PbS.

Список литературы:

1. Chuang C-H., et al. /Improved performance and stability in quantum dot solar cells through band alignment engineering// Nature Materials 13. — P. 796-801 (2014).

2. Zang Sh., Wang Y., Su W., et al. /PbS quantum dot bulk heterojunction solar cells with solution-

deposited $Mg(OH)_2$ interlayer // Phys. Status Solidi RRL 10. — P.745-748 (2016).
3. Лашкова Н.А., Максимов А.И., Рябко А.А., и др. /Синтез наноструктур на основе оксида цинка для создания гетероструктурных фотовольтаических элементов // ФТП 50. — С. 1276-1282 (2016).
4. Бобков А.А., Лашкова Н.А., Максимов А.И., и др. / Получение гетероструктурных оксидных композиций для перспективных солнечных элементов нового поколения // ФТП 51. — С. 63-67 (2017).

Формирование и исследование структур ZNO для пьезоэлектрических наногенераторов

А. А. Семенова, Н. А. Лашкова, А. А. Рябко, А. И. Максимов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)

Одними из наиболее перспективных источников энергии на микро- и наноуровне являются пьезоэлектрические наногенераторы (ПЭНГ) — преобразователи механической энергии в электрическую при периодически изменяющемся давлении нагрузки. Напряжение холостого хода таких устройств может достигать более 30 В [1]. Пьезоэлектрические наногенераторы применяются как для питания дискретных устройств (медицинских приборов), так и в промышленных масштабах.

Среди широкого разнообразия материалов (PZT, GaN, CdS и др.) для формирования активной части ПЭНГ одним из наиболее перспективных является оксид цинка ZnO — широкозонный полупроводник *n*-типа электропроводности (E_g = 3,36 эВ) [2]. Преимуществами использования данного материала являются высокие значения пьезокоэффициентов в направлении полярной оси, высокая химическая стойкость, технологическая простота получения, возможность использования на сверхвысоких частотах.

Активной частью таких структур являются одномерные наноструктуры (наностержни) ZnO. Для увеличения адгезии 1*D*-наностуктур и для формирования высокоориентированных наностержней используются зародышевые слои ZnO. Среди различных методов синтеза оксидных слоев методы центрифугирования получили широкое распространение ввиду доступности и эффективности.

Метод центрифугирования — метод нанесения тонких пленок, основанный на покрытии подложки раствором материала с последующим быстрым ее вращением, приводящим к испарению растворителя и образованию тонкой

пленки. Прекурсором в данной работе выступал спиртовой раствор химически чистого ацетата цинка $Zn(CH_3COO)_2$ с различной концентрацией ионов цинка. Центрифугирование проводилось в течении 30 с со скоростью 3000 об/мин. Отжиг образцов на кремниевых подложках проводился при температуре 340°C, а отжиг на полиэтилентерефталат-подложках (PET) с нанесенным ITO-слоем — при 120°C. Количество слоев составляло 3, 5, 7.

На полученных слоях низкотемпературным (T = 85 °C) гидротермальным методом были получены одномерные наноструктуры ZnO. Прекурсором цинка в работе выступил $Zn(NO_3)_2$, в качестве основания был использован гексаметилентетрамин (HMTA). Управление морфологией получаемых структур достигалось путем добавления в исходный раствор катионных и цвиттер-ионных поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Морфологические особенности полученных структур были исследованы методами атомно-силовой микроскопии (ACM NTEGRA Therma NT-MDT) [3, 4] и растровой электронной микроскопии (TESCAN MIRA LMU).

Установлено, что морфология наностержней, выращенных на подслое, зависит от диаметра зародышевых кристаллитов. При уменьшении диаметра кристаллитов уменьшается диаметр полученных 1*D*-структур.

При добавлении поверхностно-активного вещества в раствор происходим адсорбция молекул ПАВ на отдельных гранях кристаллов с последующим снижением скорости роста в латеральных направлениях. При этом рост наностержней происходит вдоль направления оси [0001].

Полученные наноструктуры ZnO могут применяться как для создания ПЭНГ, так и для формирования объемного гетероперехода в фотовольтаических элементах [5].

Список литературы:

1. Hu Y., Wang Z.L. Recent progress in piezoelectric nanogenerators as a sustainable power source in self- powered systems and active sensors // Nano Energy, 14 (2015), p. 3-14.

2. Jagadish, S.J. Pearton. Zinc Oxide Bulk, Thin Films and Nanostructures: Processing, Properties, and Applications. Elsevier Science. — 2006. — P. 589.

3. Мошников В.А., Спивак Ю.М. Атомно-силовая микроскопия для нанотехнологии и диагностики. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ ЛЭТИ. — 2009. — 79 с.

4. Lashkova N.A., Permyakov N.V., Maximov A.I. et al. Local analysis of semiconductor nanoobjects by scanning tunneling atomic force microscopy // St. Petersburg Polytechnic University Journal: Physics and Mathematics, 1 (2015). — P. 15-23.

5. Лашкова Н.А., Максимов А.И., Рябко А.А. и др. Синтез наноструктур на основе оксида цинка для создания гетероструктурных фотовольтаических элементов // ФТП. — 2015. —

50 (9). — С.1276 — 1282.

Рамановская спектроскопия наноструктурированных слоев пористого кремния, функционализированного серебром

Р. С. Смердов[1], Ю. М. Спивак[2], В. С. Левицкий[3]

[1]Санкт-Петербургский горный университет

[2]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

[3]ООО НТЦ тонкопленочных технологий при ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН

Пористый кремний (PS) и композиционные наноструктуры на его основе представляют интерес в таких областях как микро-, нано- и оптоэлектроника, таргетная доставка препаратов и технология создания газовых сенсоров [1-3]. Рамановский сдвиг для кристаллического и аморфного кремния составляет 520 см$^{-1}$ и 480 см$^{-1}$ (поперечная оптическая ТО — мода) соответственно [4].

В данной работе представлены результаты спектроскопии комбинационного рассеяния в образцах PS, функционализированного серебром. Рассмотрены механизмы влияния функционализирующих наночастиц серебра на структуру и свойства композиционного материала por-Si/Ag, представлены оригинальные результаты и предложена интерпретация спектров por-Si/Ag. Образцы PS получали методом электрохимического анодного травления, частицы серебра осаждали на поверхность PS методом катодного электрохимического осаждения из электролита на основе водно-спиртового раствора нитрата серебра. Технологическая часть работы была проведена в УНЛ «Наноматериалы» (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»).

Согласно Cardona [5], размер микрокристаллического кластера кремния (d, нм) можно приближенно оценить, используя формулу (1):

$$d = 2\pi(B/\Delta\omega)^{1/2}/10, \qquad (1)$$

где B=224 см$^{-1}$, $\Delta\omega$ — смещение частоты рамановского пика образца PS относительно c-Si. При увеличении времени анодирования кремниевой матрицы наблюдается сдвиг рамановского пика 521 см$^{-1}$ в сторону меньших энергий. Расчет размеров кластеров пористого кремния по формуле (1) приводит к значениям 8 нм, 8 нм, 6.2 нм, 6.2 нм и 5.2 нм для времен анодирования кремниевой матрицы композиционных структур por-Si/Ag 0,5 мин, 1 мин, 10 мин,

20 мин и 40 мин соответственно. Подобное нарушение кристаллической структуры пористого кремния, сопровождаемое сдвигом рамановского пика 521 см$^{-1}$ в сторону низких частот, предположительно обусловлено эффектом растяжения в результате осаждения наночастиц серебра в порах Si. Согласно [6] в рамановских спектрах наночастиц серебра и композиционных материалах, содержащих их, наблюдаются низкочастотные пики, существование которых связано с механическими колебаниями наночастиц под действием излучения оптического диапазона. Согласно работе Duval [6], пик со сдвигом ω связан с диаметром наночастиц как:

$$\omega_2 = 0.85 \frac{v_t}{dc}, \qquad (2)$$

где v_t — скорость распространения поперечной звуковой волны, d — диаметр наночастицы, с- скорость света в вакууме, а 0.85 — константа для наночастиц серебра, v_t=1660 м/с (значение, усредненное по разным направлениям в кристалле) и ω=65 см$^{-1}$. Из выражения (2) значение диаметра наночастиц серебра оказывается равным *d*=0.72 нм.

Увеличение времени анодирования PS приводит к увеличению развитости поверхности, толщины пористого слоя, а также незначительному увеличению диаметра пор. При этом время анодирования кремниевой матрицы t = 10 минут является оптимальным для создания структуры пор, способствующей наиболее выраженному эффекту усиления рамановского сигнала (SERS), обусловленному поверхностным локализованным поверхностным плазмонным резонансом в наночастицах Ag, осажденных на поверхности Si [7].

Список литературы:

1. Surface Functionality Features of Porous Silicon Prepared and Treated in Different Conditions / Yu. M. Spivak, S. V. Mjakin, V. A. Moshnikov et al. // J. of Nanomaterials. — 2016. — V. 2016. — 8 p.

2. Morphological Feature Analysis of the Prospective Combined Gas Sensitive Sensor Elements / S. S. Nalimova, Yu. M. Spivak, V. A. Moshnikov, et al. // Smart Nanocomposites. — 2014. — V. 5, N 1. — 5 p.

3. Заграждающий фильтр видимого и ближнего ультрафиолетового диапазона для флуоресцентного микроскопа на основе явления плазмонного резонанса / Р. С. Смердов, В. В. Лобода, Ю. М. Спивак., В. А. Мошников // НТВ СПбГПУ. ИТУ. — 2016. — Т. 3. — С. 13 — 22.

4. Feng, Z., Tsu, R . Porous Silicon / Z. Feng, R. Tsu. — Singapore: World Scientific Publishing, 1994. — 488 p.

5. M. Cardona. Folded, confined, interface, surface, and slab vibrational modes in semiconductor superlattices // Superlattices and Microstructures. — 1989. — V. 5. — N 1. — P. 27 — 42.

6. E. Duval, A. Boukenter, B. Champagnon. Vibration Eigenmodes and Size of Microcrystallites in Glass: Observation by Very-Low-Frequency Raman Scattering // Phys. Rev. Lett. — 1986. — Vol. 56. — N 19. — P. 2052 — 2055.
7. Shape effects in plasmon resonance of individual colloidal silver nanoparticles / J. J. Mock, M. Barbic, D. R. Smith, D. A. Schultz, S. Schultz. // J. Chem. Phys. — 2002. — V. 116. — P. 6755.

Графический метод обработки данных удельной площади поверхности пористого кремния с различными условиями получения

Д. С. Стебко

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Пористый кремний (por-Si) — перспективный материал для применения в биомедицине [1]. Одно из наиболее востребованных областей применения por-Si — использование его в качестве пористой матрицы для адресной доставки полезного груза. Это нетоксичный, биосовместимый и биодеградируемый материал, таким образом, применение por-Si безопасно для организма.

Направленная доставка лекарственного средства позволяет уменьшить количество вводимого лекарства в организм. Благодаря тому, что лекарство концентрируется в заданной области, а не распространяется по всему организму, побочное воздействие на другие клетки значительно уменьшается. Кроме того, растворение пористой матрицы обеспечивает пролонгированное высвобождение лекарственного средства, что позволяет поддерживать концентрацию, необходимую для терапевтического воздействия, гораздо эффективнее, чем традиционные способы введения лекарства в организм.

Пористый кремний, полученный при разных условиях синтеза, можно рассматривать как целый ряд материалов, так как его свойства могут изменяться в широком диапазоне значений [2,3]. Это является достоинством материала, так как в качестве полезного груза могут выступать не только лекарства, но и молекулы белков, ферментов и маркеров. Соответственно, необходимо изменение площади доступной поверхности и размеров пор, для более эффективного закрепления полезного груза внутри матрицы, а также методы определения этой площади.

Измерение удельной площади поверхности по методу БЭТ (Брунауер, Эммет, Теллер) возможно с помощью приборов серии Сорби, где реализован динамический адсорбционный метод.

Обработка полученных результатов графическим методом проводится следующим образом. Зная объем адсорбированного газа на грамм образца V, строим график зависимости параметра $(P/P_0)/(V(1-P/P_0))$ от величины относительного парциального давления. Из величины тангенса угла наклона прямой «M» [г/см^3] и отрезка «B» [г/см^3], отсекаемого ею на оси ординат, рассчитывается значение V_m по уравнению:

$$V_m = \frac{1}{B+M}.$$

Далее величина удельной поверхности образца $S_{уд}$ [м^2/г] определяется по формуле:

$$S_{уд} = S_0 V_m,$$

где S_0 — площадь, которую занимает 1 см^3 газа-адсорбата (для азота S_0=4,35 м^2/см^3), адсорбированный мономолекулярным слоем.

В приборах серии Сорби предусмотрен автоматический расчет данных параметров, но ручная обработка графическим методом также может быть актуальна, поскольку в процессе измерения может произойти отклонение от заданных условий.

Были получены серии образцов слоев пористого кремния с различными условиями синтеза [4]. Проведены исследования их удельной площади поверхности. Полученные данные были обработаны графическим методом, что позволило устранить ошибки измерения. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

J, мА/см^2		5	15	30	80
$S_{уд}$, м^2/г	Графический метод	1,4	2,1	2,3	5,3
	Приборная обработка	1,4	2,0	2,8	5,3

Список литературы:

1. Исследование, технология и использование нанопористых носителей лекарств в медицине / Под общей редакцией Шевченко В.Я., Киселева О.И., Соколова В.Н. // СПб.: Химиздат. — 2015.
2. Surface functionality features of porous silicon prepared and treated in different conditions / Spivak Yu.M., Myakin S.V., Moshnikov V.A., Panov M.F., Belorus A.O., Bobkov A.A. // Journal of Nanomaterials. — 2016. — С. 2016.
3. Preparation and investigation of porous silicon nanoparticles for targeted drug delivery / Spivak Yu.M., Maraeva E.V., Belorus A.O., Molchanova A.V., Nigmadzyanova N.R. // Smart Nanocomposites. — 2013. — Т. 4. — № 1. — P. 115-118.

4. Исследование изменения удельной площади поверхности пористого кремния в зависимости от технологических условий получения методом тепловой десорбции азота / Стебко Д.С., Белорус А.О. // Эволюция современной науки. — 2016. — С. 94-100.

Транспортные свойства манганита $Pb_3Mn_7O_{15}$, допированного ионами Fe^{3+}

А. И. Стерехов[1], Е. В. Еремин[1,2]

[1]Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

[2]Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, г. Красноярск

Внимание исследователей к марганцевым оксидам со смешанной валентностью ионов марганца, известным как манганиты, не ослабевает на протяжении последнего десятилетия. Этот интерес вызван тем, что эти материалы обладают широким набором интересных физических свойств. Это стимулирует поиск новых материалов со смешанной валентностью ионов марганца и их комплексное исследование. Одним из таких объектов является марганцевый оксид $Pb_3Mn_7O_{15}$ со структурой зензинита. В нем изначально содержатся ионы со смешанной валентностью (Mn^{3+}/Mn^{4+}). Его структура имеет ярко выраженный слоистый характер и при комнатной температуре принадлежит к орторомбической пространственной группе P_{nma} [1]. Ионы марганца находятся в кислородных октаэдрах, в слоях и в «столбиках», соединяющих слои, и занимают девять неэквивалентных позиций.

Ранее было исследовано влияние ионов Fe^{3+} на магнитные свойства $Pb_3Mn_7O_{15}$. Было обнаружено, что в соединении $Pb_3(Mn_{1-x}Fe_x)_7O_{15}$ при уровне допирования ионов начиная с $x > 0.1$, магнитные свойства претерпевают значительные изменения [2].

Для выяснения корреляции электрических и магнитных свойств $Pb_3(Mn_{1-x}Fe_x)_7O_{15}$ необходимо произвести исследования электрической проводимости в данном соединении. Измерения проводились с помощью установки для исследования физических свойств материалов PPMS 6000 (Quantum Design), на постоянном токе 0.01 мкА, в температурном диапазоне 400 — 100 K, в образцах с уровнем допирования $x = 0.1$; 0.15 и 0.2. На рис. 1 показаны температурные зависимости электрического сопротивления $Pb_3(Mn_{0.9}Fe_{0.1})_7O_{15}$ в рамках модели перескоков по ближайшим соседям (NNH модель), которая хорошо описывается при $T > 250$ K. В рамках модели NNH температурная зависимость

удельного сопротивления находится как:

$$\rho_{dc}(T) = \rho_0 T \exp\left(E_a / k_B T\right),$$

где ρ_0 — температурно независимый коэффициент, E_a — энергия активации и k_B — постоянная Больцмана.

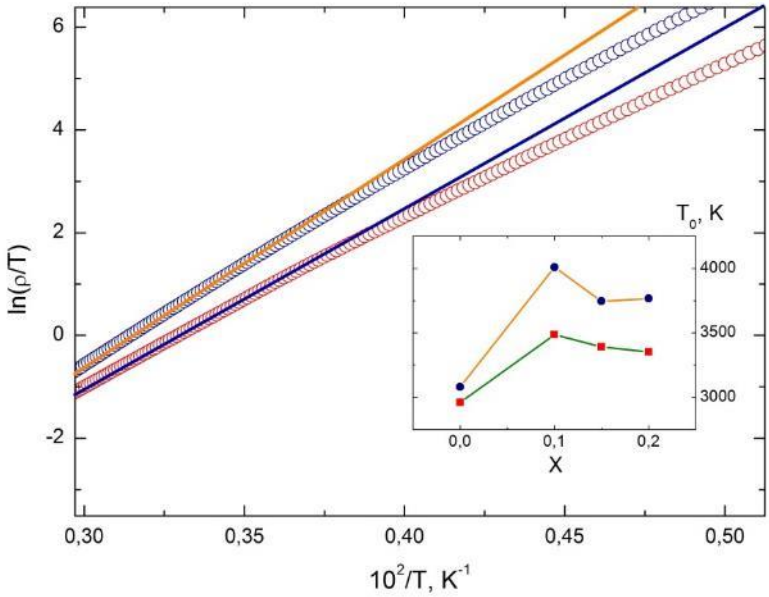


Рис. 1. Нормированная проводимость в рамках NNH модели (синие точки вдоль оси a, красные точки в плоскости b-c) для $Pb_3(Mn_{0.9}Fe_{0.1})_7O_{15}$. На вставке представлены изменения температуры энергии активации от концентрации ионов Fe (синие точки вдоль оси a, красные точки в плоскости b-c)

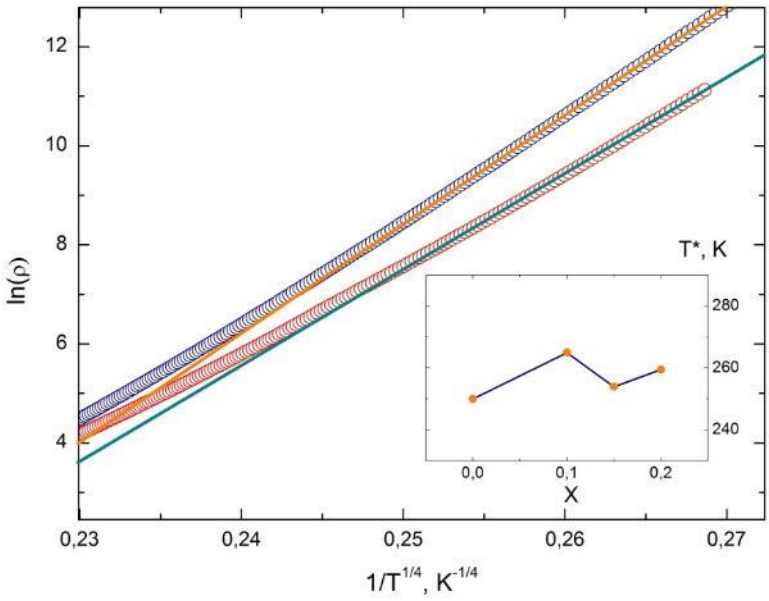


Рис. 2. Нормированная проводимость в рамках VRH модели (синие точки вдоль оси a, красные точки в плоскости b-c) для $Pb_3(Mn_{0.9}Fe_{0.1})_7O_{15}$. На вставке представлены изменения температуры перехода от концентрации ионов Fe

На рис. 2 представлены температурные зависимости $Pb_3(Mn_{0.9}Fe_{0.1})_7O_{15}$ электрического сопротивления в рамках модели с переменной длинной прыжка (VRH модель), которая хорошо описывается при $T < 250$ К. В рамках модели VRH температурная зависимость удельного сопротивления находится как:

$$\rho_{dc}(T) = \rho_0 \exp\left[(T_0/T)^{1/4}\right],$$

где ρ_0 — предэкспоненциальный фактор и T_0 связано с энергией активации.

В результате выполнения данной работы были исследованы транспортные свойства $Pb_3(Mn_{1-x}Fe_x)_7O_{15}$. Измерения проводились вдоль оси *a* (перпендикулярно слоистой структуре) и вдоль направления перпендикулярного оси *a* (параллельно слоистой структуре). Обнаружено, что переход, характерный для $Pb_3Mn_7O_{15}$ при $T^* = 250$ К, который сопровождается сменой механизмов электрической проводимости от модели с перескоком поляронов малого радиуса по соседним узлам к модели с перескоком с переменной длинной прыжка, также обнаруживается и в $Pb_3(Mn_{1-x}Fe_x)_7O_{15}$ с x = 0.1, 0.15 и 0.2.

Список литературы:

1. Rasch Julia C.E., Sheptyakov D.V., Schefer J. et al. Structural properties of Pb3Mn7O15 determined from high-resolution synchrotron powder diffraction // Journal of Solid State Chemistry. — 2009. — Т. 182. — №5. — С. 1182.

2. Volkov N. V., Eremin E. V., Bayukov O. A., Sablina K. A. et. al. Suppression of the long-range magnetic order in Pb3(Mn1-xFex)7O15 upon substitution of Fe for Mn // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. — 2013. — Т. 342. — №2. — С. 100-107.

Исследование газоразрядной плазмы методом зондов ленгмюра

А. С. Таланов, А. С. Фадеев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Приборы и технологические устройства на основе газового разряда широко используются в промышленности и науке. Для моделирования технологических процессов и физических процессов, протекающих в разрядных промежутках, необходимо иметь данные о распределении параметров плазмы, что позволяет создать математическое описание процессов и получить максимально точный результат при практическом использовании подобной модели [1].

Для математического описания процесса, протекающего в газовом пространстве, необходимо получить точную информацию о таких параметрах плазмы как концентрация заряженных частиц, скорости их движения и температуре (1 эВ = 11600 К) [2]. Наиболее широкое распространение для исследования газоразрядной плазы получил метод зондов Ленгмюра.

Зонд — это вспомогательный электрод, выполненный из металла, который вводится в плазму для определения ее параметров. На зонд подается некоторый потенциал смещения относительно одного из электродов. При изменении потенциала смещения изменяется ток зонда, который определяется суммой электронного и ионного токов ($I = I_e + I_i$). Делая последующие измерения, получаем вольт-амперную зондовую характеристику [3].

На вольт-амперной характеристике можно выделить три характерных участка. При подаче на зонд большого отрицательного потенциала вокруг зонда формируется слой из положительных ионов плазмы. Поэтому ток зонда будет обусловлен лишь «тяжелыми», по сравнению с электронами ионами плазмы. На втором участке при меньшем отрицательном потенциале зонда наблюдается резкий рост. Это связано с тем, что электроны плазмы способны преодолеть тормозящее поле, сформированное вокруг зонда. Поэтому ток на зонде будет определяться двумя составляющими плазы. На третьем участке вокруг зонда образуется отрицательное электронное облако. Поэтому ток на зонде будет обусловлен лишь электронами плазмы, которые слабо зависят от потенциала [4].

Таким образом, подавая разный потенциал смещения на зонд, мы можем определить температуру плазмы, что в свою очередь позволяет определить концентрацию частиц и их скорость. Однако в таком методе есть недостаток. Плазма находится в неустойчивом состоянии. Это связано с неоднозначностью процессов, происходящих в плазме. Снятие вольт-амперной характеристики занимает значительное количество времени. Данное условие приводит к дрейфу существующих газовых параметров и возникновению погрешностей при измерении. Поэтому возникает необходимость в проведении дополнительных измерений зондовых характеристик.

Для решения данной проблемы было предложено использовать следующий метод: потенциал смещения (–30…0 В), подаваемый на зонд, сделали в виде пилообразного сигнала с большой частотой. Выходной ток с зонда регистрировался на мониторе компьютера. При таком режиме работы снималась

вольт-амперная зондовая характеристика за достаточно короткий промежуток времени. При этом наблюдаемые параметры плазмы практически не изменяются. За счет этого получаем более точные результаты. При их обработке составляется точная математическая модель, которую можно использовать для предварительных теоретических расчетов. Также данный метод позволяет исследовать плазму с большей энергией частиц, так как воздействие большого тока на зонд будет очень малым, и тепловой эффект воздействия не успеет внести в его структуру дефекты.

Список литературы:

1. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. — Изд-во Интеллект 2009. — 691 с.
2. Фролов В. Я., Лисенков А. А., Барченко В. Т. Физические основы применения низкотемпературной плазмы: учебное пособие. — СПб.: Изд -во СПГПУ, 2010. — 221 с.
3. Фролов В. Я., Лисенков А. А. и др. Электротехнологические промышленные установки: учебное пособие. — СПб.: СПГПУ, 2010. — 572 с.
4. Демидов В.И., Колоколов Н.Б., Кудрявцев А.А. Зондовые методы исследования низкотемпературной плазмы. — Энергоатомиздат, 1996. — 234 с.

Микромеханические актюаторы на основе ИПМК с памятью формы

Д. О. Тестов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Создание высокотехнологичных, недорогих, энергетически эффективных и мобильных актюаторов для подвижных микросистем, имитирующих движение биологических объектов, является актуальной задачей, и имеет важное практическое значение для робототехники. Основными критериями выбора типа движителя для микроробототехнических систем являются его технологичность, энергоэффективность и возможность создания больших усилий и перемещений.

Ионные полимер-металлические композиты представляют собой синтетические композитные наноматериалы, на основе ион-обменного полимера, поверхность которого покрыта с обеих сторон проводящим металлом. Приложение электрического поля вызывает механические деформации ИМПК. И наоборот: механические деформации материала вызывают измеримый электрический сигнал. Таким образом, ионно-обменные полимеры могут быть использованы в качестве сенсоров и актюаторов.

В качестве внешнего подается напряжение на обе стороны мембраны, и индуцируется градиент электрического поля через мембрану. Это выступает в качестве внешней силы, которая возбуждает движение ионов и приводит к различиям в концентрации ионов вокруг мембраны. Различия в концентрации ионов приводят к расширению и сжатию полимеров, которое, следовательно, применяет механическое давление к диффузии ионов на двух сторонах мембраны, которая приводит к изгибу мембраны.

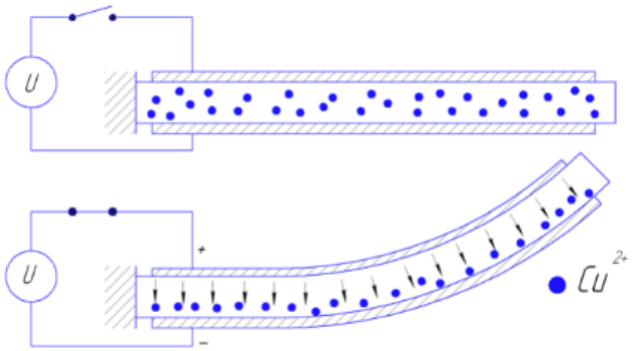


Рис. 1. Принцип работы актюатора на основе ИПМК

В свою очередь применение механического давления вызывает диффузию ионов, что приводит к появлению электрического тока в течение короткого периода времени, а также электрического потенциала на электродах обеих сторон ИПМК.

В этом докладе мы покажем, что ИПМК на основе Nafion имеют свойства памяти формы. Мы покажем, как они могут быть использованы для расширения диапазона актюации и функциональности ИПМК. Продемонстрируем, как программирование памяти формы может быть достигнуто за счет внешней механической деформации и, что более важно, с помощью внутренней электромеханической активации самого ИПМК.

Сухой Nafion-117 может быть запрограммирован на «запоминание» формы в диапазоне температур ~55-~130 ◦C. Это достигается за счет его временной деформации в заданную форму, при охлаждении на заданную температуру фиксации T. Последующее нагревание приводит к восстановлению запрограммированной формы. Привлекательность Nafion по сравнению с большинством других материалов с эффектом памяти формы, в том, что из-за очень широкого диапазона перемещения и из-за его широкого обратимого фазового перехода, он может быть запрограммирован на большее количество уникальных форм, каждая из которых восстанавливается при различной температуре. Программирование большого количества форм достигается за счет

деформации материала в различные формы по мере того, как он постепенно охлаждается. Восстановление различных форм затем происходит по мере нагревания материала рядом переходных температур (рис. 2).

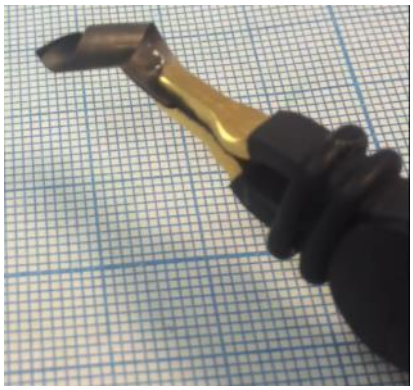


Рис. 2. Актюатор на основе ИПМК запрограммированный на «запоминание» формы

После восстановления исходное положение восстанавливается, с некоторым остаточным удержанием формы (приблизительно 27%). Применяя небольшое обратное электрическое воздействие во время восстановления, можно достичь полной релаксации.

Было показано, что ионные полимер-металлические композиты, изготовленные из ионообменной мембраны Nafion обладают эффектом памяти формы. Это имеет два важных следствия: (1) эффекты памяти формы могут быть использованы для расширения диапазона использования актюаторов ИПМК, и (2) эти эффекты изменяют актюацию под действием температуры и, следовательно, они должны быть приняты во внимание в тех случаях, когда ИПМК используются, при изменениях температуры.

Разработка установки для диагностики наноструктурированных материалов методом объемных индикатрис светорассеяния

Е. М. Тихомиров, Л. Б. Матюшкин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Развитие нанотехнологий привело к созданию наноструктурированных материалов с различным аспектным отношением и степенью упорядоченности составляющих их структур. Актуальной задачей является диагностика таких материалов перед внедрением в производство.

Цель проекта — разработка автоматизированного аппаратного комплекса, позволяющего исследовать коллоидные растворы, тонкие пленки и структуры массивов наностержней неразрушающим и бесконтактным методом, основанным на получении, обработке и анализе трехмерных индикатрис рассеяния лазерного луча на образце. Опираясь на теориях статического светорассеяния Ми и Рэлея, установка совместно с программным пакетом позволяет определить следующие параметры:

1) степень анизотропии исследуемого образца;
2) толщина слоев исследуемых поверхностей, гидродинамический радиус частиц;
3) оптические свойства исследуемых образцов: светопоглощение, светорассеяние;
4) разупорядоченность в случаях массивов нульмерных, одномерных и двумерныхчастиц.

Основное функциональное назначение установки — измерение диаграммы интенсивности рассеянного света на полусферической поверхности с шагом 10° относительно образца и построение объемного графика с помощью программного обеспечения.

Наиболее перспективным направлением применения данной технологии является диагностика и контроль качества солнечных элементов, изготовленных в виде упорядоченных массивов наностержней. Данная технология позволит уменьшить время диагностики и увеличить КПД данного типа солнечных элементов. Функционал аппаратного комплекса позволяет контролировать и отслеживать процессы созревания золей и протекания химических реакций, что было невозможно реализовать с помощью начального варианта установки, осуществляющей измерения на плоскости. На упомянутый тип установки был получен патент [1]. Пример работы установки представлен на рис. 1.

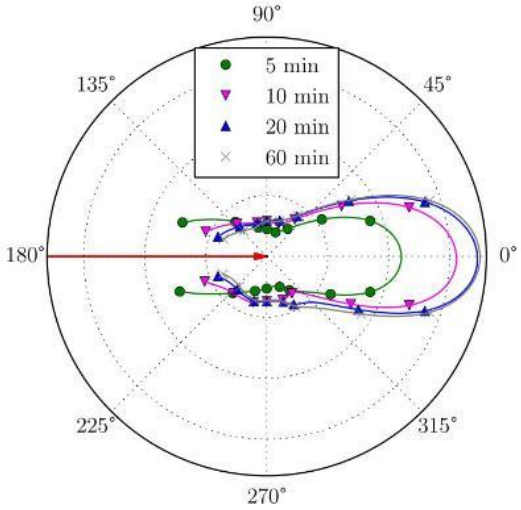


Рис.1. Экспериментальные индикатрисы светорассеяния частиц SiO_2, полученные через различные интервалы времени относительно начала синтеза

За счет конструктивных, программных усовершенствований установки и получения объемных индикатрис светорассеяния удалось значительно увеличить точность измерений и расширить область применения технологии.

Список литературы:

1. Устройство для исследования материалов методом индикатрис светорассеяния // Патент России № 167044 / Мошников В.А., Максимов А.И., Александрова О.А., Матюшкин Л.Б., Рябко А.А. — 2016.

2. Аберледаг Л. Б., Клемьер М.[L B Aberledag, M Kleemeier] 1999 B: Journal of Physics D: Applied Physics 32.1. — P.22.

3. Огендаль Л.[L Øgendal] Light Scattering a brief introduction. — Copenhagen: University of Copenhagen, 2015. — 48 с.

Управляемый газоразрядный источник быстрых нейтральных частиц

А. С. Фадеев, А. С. Таланов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Применение пучков быстрых нейтральных частиц является эффективным методом финишной очистки диэлектрических поверхностей [1], так как при обработке потоком нейтральных частиц на обрабатываемой детали не накапливается поверхностный заряд.

Внедряются новые технологические процессы, совершенствуются старые, применяются современные материалы, такие как, тонкие пленки диэлектриков, которые ранее не использовались. Новые материалы предъявляют высокие требования к качеству финишной очистки. Поэтому встает задача о повышении качества финишной очистки диэлектрических поверхностей. Для решения поставленной задачи предложен управляемый источник быстрых нейтральных частиц.

Принцип действия основан на четырех, связанных между собой, процессах: генерация ионов, ускорение ионов, нейтрализация ионов и транспортировка нейтральных частиц к объекту [2]. В качестве основного процесса нейтрализации выбран процесс нейтрализации при отражении ионов от поверхности основного катода, а резонансная перезарядка является второстепенным процессом нейтрализации. Катод выполнен в виде монолитного блока с круглыми отверстиями, расположенными на расстоянии 2 мм друг от друга. Главным достоинством этого метода нейтрализации является независимость от давления в области нейтрализации, что дает возможность снизить рабочее давление до 0,5–1,0 Па. Для достижения наибольшей эффективности нейтрализации при отражении на поверхности катода вскрыты отверстия под углом 10° по отношению к касательной к поверхности. При увеличении угла падения ионов увеличиваются потери энергии отраженных частиц.

Оптимальная величина угла падения ионов не должна превышать 15°, что было определено с использованием модели однократного бинарного соударения [3]:

$$\frac{E_и}{E_н} = \left(\frac{\cos(\pi - 2\varphi) - \sqrt{\left(\frac{M_и}{M_м}\right)^{-2} - \sin(\pi - 2\varphi)}}{1 - \left(\frac{M_и}{M_м}\right)^{-1}} \right)^2,$$

где $E_{\text{и}}$ — энергия иона; $E_{\text{н}}$ — энергия нейтральной частицы; φ — угол падения по отношению к касательной к поверхности; $\text{M}_{\text{и}}$ — масса иона; $\text{M}_{\text{м}}$ — масса атома мишени.

В качестве материала основного катода (нейтрализатора) выбрана сталь марки 20Х23Н18. Применяемый материал обладает рядом положительных качеств, таких как: жаропрочность, стоимость, легкость обработки и сравнительно небольшими потерями при отражении при угле падения ионов 10°.

В конструкцию источника введена дополнительная система, обеспечивающая предварительный разогрев нейтрального газа. Рабочий газ разогревается до 100°С и выше, что ведет к сдвигу энергетического спектра нейтралов в сторону больших энергий.

Система финишной очистки не требует систем охлаждения, что делает ее компактной и простой в эксплуатации. Питание системы обеспечивается источником постоянного тока с рабочим напряжение до 4 кВ и током до 150 мА. Минимальное рабочее давление источника 0,5 Па. Максимальный ток 100 мА. Токовая эффективность достигает 95 — 98 %.

Список литературы:

1. Shimokawa F., Tanaka H., Uenishi Y., Sawada R. Reactive-fast-atom beam etching of GaAs using Cl2 gas // J. Appl. Phys. — 1989. — V. 66. № 6. — P. 2613–2618.

2. Ионно-плазменные технологии в электронном производстве / В. Т. Барченко, Ю. А. Быстров, Е. А. Колгин — СПб.: Энергоатомиздат, 2001. — 332 с.

3. Дягтерев А. В., Кудря В.П., Маишев Ю. П. Математическое моделирование канала нейтрализации источника пучков быстрых нейтральных частиц // Труды Физико-технологического института: Квантовые компьютеры, микро- и наноэлектроника: физика,технология, диагностика и моделирование / отв. ред.А. А. Орликовский. — 2009. — Т. 20. — 175 с.

Создание элементов электроники методами струйной печати наночастицами

П. П. Ширинкин, Л. Б. Матюшкин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Традиционная кремниевая электроника позволяет получить высокие степень интеграции и быстродействие, однако не эффективна для создания электронных компонентов на подложках из гибких материалов, сложной геометрии и развитого рельефа поверхности. Такие элементы можно создавать методами аддитивных технологий из коллоидных растворов проводящих, полупроводниковых и диэлектрических частиц. Комбинация этих технологий позволяет объединить описанные преимущества.

К аддитивным технологиям в частности относится струйная печать коллоидными растворами органических полимеров и неорганических наночастиц. Для подачи чернил в печатающую головку принтеров используются два

метода: пьезоэлектрический и термический. В первом случае капля формируется из-за изгиба микродиафрагмы, связанной с пьезокристаллом, во втором чернила нагреваются до температуры ≈ 500°C, при которой образуются газовые пузырьки, выталкивающие каплю. Нагрев коллоидных растворов может приводить к изменению их свойств, поэтому для печати наночастицами предлагается использовать принтер с пьезоэлектрической подачей раствора. Печать накладывает ограничения и на коллоидные растворы: частицы должны быть агрегативно устойчивы, а их размер — существенно меньше диаметра дюз печатающей головки. Кроме того, при печати многослойных структур, необходимо исключить смешение слоев различного состава. Чтобы избежать этой проблемы, используются дисперсионные среды с различным значением дипольного момента.

Для создания определенной структуры при помощи струйного принтера необходимо задание области и материала печати. При помощи специально разработанной программы на языке Python и библиотеки Matplotlib происходит чтение и обработка заданных в табличном файле параметров структуры и конвертация их в pdf-формат. Печать электронных структур происходит послойно, каждому слою соответствует отдельный лист файла. Материал каждой области маркируется цветом, составленным смешением цветов базовой схемы CMYK: C — cyan (бирюзовый), M — magenta (пурпурный), Y — yellow (желтый), K — black (черный). В работе каждая из емкостей принтера используется под один из типов растворов наночастиц: K — металлические наночастицы Ag, C, M, Y — растворы полупроводниковых наночастиц с различным энергетическим зазором.

Структуру заданного состава можно получить, выбирая соотношение компонентов в цветовой схеме. Послойное осаждение полупроводниковых наночастиц с различной эффективной шириной запрещенной зоны позволяет получать фотовольтаические структуры на гибких полимерных подложках, покрытых слоем прозрачного электрода. Варьируя поверхностную концентрацию серебряных частиц количеством итераций нанесения раствора, можно получать как металлические электроды, так и структуры, проявляющие локализованный плазмонный резонанс.

В общем случае таким образом можно получить такие электронные компоненты как тонкопленочные транзисторы, светоизлучающие элементы, солнечные элементы, магнитные ячейки памяти, емкостные структуры, детекторы и сенсоры [1].

Работа проводится при поддержке гранта РФФИ 17-33-80010 «Создание металлических покрытий на пористых материалах методами аддитивных технологий».

Список литературы:

1. Singh M. et al. Inkjet printing — process and its applications //Advanced materials. — 2010. — Т. 22. — № 6. — С. 673-685.

Получение наностержней оксида цинка методом гидротермального синтеза

О. И. Юхновец

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Массивы нитевидных нанокристаллов и наностержней ZnO в настоящее время рассматриваются в качестве элементной базы для высокоэффективных электрооптических устройств, сенсоров химических и биологических веществ, микро- и наноэлектромеханических систем [1]. Столь широкий диапазон применения обусловлен уникальными оптическими и пьезоэлектрическими свойствами оксида цинка [2]. Полупроводниковые материалы оксидов металлов, такие как TiO_2, SnO_2, ZnO применяются и в качестве фотокатализаторов для разложения опасных органических загрязнителей под воздействием ультрафиолетового света. Оксид цинка является наиболее перспективным материалом для использования в качестве фотокатализатора благодаря низкой цене, большой удельной площади поверхности и возможности уменьшения запрещенной зоны с помощью легирования [3].

Оксид цинка различной морфологии получают разными способами. Высокосовершенные нанокристаллические пленки синтезируют методами молекулярно-лучевой эпитаксии и осаждением из газовой фазы. Однако, эти методы требуют наличия дорогостоящего высокотемпературного и вакуумного оборудования. В качестве подложек применяют как монокристаллические (сапфир, кремний), так и аморфные (кварц, стекло) материалы [4]. Структура и морфология нануструктур ZnO существенно влияет на фотокаталитическую активность [5]. В данной работе мы подробно рассмотрим гидротермальный синтез наностержней оксида цинка, которые в дальнейшем будут использоваться для проведения фотокаталитических реакций.

Принцип метода гидротермального синтеза достаточно прост: если материал, который необходимо получить, нерастворим в растворителе (например, в воде), то его можно синтезировать из прекурсоров, которые являются растворимыми. Обычно, для синтеза оксида цинка в водном растворе используют соли, которые при растворении образуют ионы цинка. При взаимодействии ионов цинка с гидроксид-ионами образуется неустойчивый Zn(OH)2, переходящий в ZnO [6].

В нашем эксперименте наностержни оксида цинка были получены методом гидротермального синтеза на подложках кремния. Формирование нанокристаллитов оксида цинка способствовало образованию центров кристаллизации для роста наностержней.

Список литературы:

1. Zinc oxide based photocatalysis: tailoring surfacebulk structure and related interfacial charge carrierdynamics for better environmental applications / Girish Kumar S., Koteswara Rao R. // The Royal Society of Chemistry. — 2015. — V. 5. — P. 3306-3151.
2. Наноструктурированные материалы на основе оксида цинка для гетероструктурных солнечных элементов / Бобков А.А., Максимов А.И., Мошников В.А., Сомов П.А., Теруков Е.И. // ФТП. — 2015. — Т.49. В.10. — С.1402-1406.
3. Синтез наноструктур на основе оксида цинка для создания гетероструктурных фотовольтаических элементов / Лашкова Н.А., Максимов А.И., Рябко А.А., Мошников В.А., Теруков Е.И. // ФТП. — 2016. — Т.50.В.9. — С.1276-1282.

4. Piezoelectric Nanogenerators Based on Zinc Oxide Nanowire Arrays / Wang, Z. L., Song // J.Science. — 2006. — V.312. — P. 242-246.
5. Low-temperature synthesis of ZnO quantum dots for photocatalytic degradation of methyl orange dye under UV irradiation / Khan R., Hassan M.S., Jang L. // Ceramics International. — 2014. — V. 40. — P. 14827-14831.
6. Electrochemical Detection of Piezoelectric Effect from Misaligned ZincOxide Nanowires Grown on a Flexible Electrode / Ebrahimi H., Yaghoubi H., Giammattei F., Takshi A. // Electrochimica Acta. — 2014. — V. 134. — P. 435-441.

Полупроводниковые иерархические наноматериалы на основе ZnO для процессов фотокатализа

Н. Д. Якушова, И. А. Пронин, И. А. Аверин

ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет

Результаты современных исследований показывают, что применение

иерархических полупроводниковых наноматериалов для разработки фотокатализаторов является одной из перспективных стратегий улучшения фотокаталитической активности [1 — 4]. Использование иерархических структур позволяет повысить эффективность поглощения светового излучения, улучшить молекулярный транспорт и диффузию за счет имеющейся системы пористых сетей, являющихся каналами для эффективного переноса молекул реагентов, кроме того, они обладают увеличенной площадью поверхности [5]. Несмотря на то, что к настоящему времени достигнут значительный прогресс в области разработки и синтеза иерархических функциональных материалов с контролируемыми микроструктурой, фазовым составом, размерностью, очень трудно спроектировать и изготовить различные виды фотокатализаторов с заранее заданной иерархической морфологией.

В настоящей работе проведены экспериментальные исследования фотокаталитической активности тонких пленок оксида цинка, полученных золь-гель методом, на модельной реакции фотодеградации метилоранжа. Было исследовано две серии образцов ZnO: первая серия имела зернистую структуру и была получена из золей на ранних этапах их созревания (в этом случае образцы не имели видимой иерархической структуры); в микроструктуре образцов второй серии можно было выделить два уровня иерархии — первичные нанообъекты, собранные во фрагменты доперколяционных структур, формирующие трехмерную сетку наноматериала, которая является результатом спинодального распада золя.

Было установлено, что обе серии образцов, отожженные при одной температуре, имели одинаковый элементный и фазовый состав (была обнаружена только вюрцитная фаза). Все реакции фотокаталитического окисления метилоранжа на полученных пленках являлись реакциями псевдопервого порядка. Константа скорости фотодеградации на первой серии образцов составила 0,081 мин$^{-1}$, второй — 0,1025 мин$^{-1}$.

Таким образом, результаты исследования показали перспективы использования иерархических полупроводниковых материалов для разработки фотокатализаторов нового поколения.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 16-32-50259 мол_нр, № 16-33-50104 мол_нр).

Список литературы:

1. Li X., Yu J., Jaroniec M. Hierarchical photocatalysts //Chemical Society Reviews. — 2016. — Т. 45. — № 9. — С. 2603-2636.;

2. Pronin I. A. et al. Theoretical and experimental investigations of ethanol vapour sensitive properties of junctions composed from produced by sol–gel technology pure and Fe modified nanostructured ZnO thin films //Sensors and Actuators A: Physical. — 2014. — Т. 206. — С. 88-96;
3. Pronin I. A. et al. Photocatalytic oxidation of pharmaceuticals on thin nanostructured Zinc Oxide films //Kinetics and Catalysis. — 2014. — Т. 55. — № 2. — С. 167-171;
4. Yakushova N. D. et al. Photocatalytic and photoluminescence properties of the copper and manganese modified zinc oxide //NW Russia Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference (EIConRusNW), 2016 IEEE. — IEEE, 2016. — С. 105-106;
5. Грачева И. Е., Мошников В. А. Наноматериалы с иерархической структурой пор: Учеб. пособие //СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — 2011.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Показатели эффективности кластерных компаний для проведения экспресс-анализа

В. П. Алексанин

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

В условиях современной экономики основой успешного развития бизнеса является конкурентоспособность организации, и как наиболее продуктивный инструмент реализации конкурентных преимуществ является формирование взаимосвязанных бизнес- единиц, реализующих одну программу, т. е. кластеров [1].

У кластерных компаний имеется потребность в оперативной оценке деятельности для осуществления качественной работы и выполнения ее в установленные сроки. Для достижения данной цели разработан перечень ключевых показателей эффективности.

Ключевые показатели эффективности (англ. *Key Performance Indicators, KPI*) — показатели деятельности подразделения (предприятия), которые помогают организации в достижении стратегических и тактических (операционных) целей. Использование ключевых показателей эффективности дает организации возможность оценить свое состояние и помочь в оценке реализации стратегии [2,3].

Изучив основные подходы в оценке эффективности организаций, выявлено 20 показателей эффективности, применимых к кластерным компаниям по 6 направлениям:

- интеграция кластера;
- масштаб кластера;
- клиентские показатели;
- управление кадрами;
- контент-маркетинг;
- показатели операционной деятельности.

Разработанные показатели в полной мере дают представление о состоянии организации и позволяют путем расчета получать объективные сведения и выявлять критические точки, а также оперативно реагировать на текущую

ситуацию. Для каждого показателя нормы и их возможные отклонение определяются в зависимости от компании.

Список литературы:

1. Усик Н.Н. Современное развитие экономки регионов России / Научный журнал НИУ ИТМО. «Экономика и экологический менеджмент» . — 2014. — №1.
2. Панов М М. Оценка деятельности и система управления компанией на основе KPI. — М.: Инфра-М, 2013.
3. Клочков А.К. KPI и мотивация персонала: сборник. — М.: Эксмо, 2010.

Внедрение компьютеризированных систем и надлежащих практик на предприятиях фармацевтической отрасли

А. А. Коварина

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Цель работы: выявление особенностей влияния принципов надлежащих практик и компьютеризации системы на качество производимой продукции и улучшение конкурентоспособности предприятия фармацевтической отрасли.

Внедрение компьютеризированных систем с целью повышения безопасности, конкурентоспособности и экспортного потенциала отечественной фармацевтической промышленности актуальна на сегодняшний день.

Существует международная GxP система обеспечения качества лекарственных средств, охватывающая все этапы жизненного цикла лекарственного средства, включающая GLP (Надлежащая лабораторная практика), GMP (Надлежащая производственная практика), GEP (Надлежащая инженерная практика), GCP (Надлежащая клиническая практика).

GMP — стандарт, устанавливающий требования к производству и контролю качества лекарственных средств. Он охватывает весь производственный процесс и разработан, чтобы минимизировать риски, связанные с любой фармацевтической продукцией, которые не могут быть устранены путем тестирования конечного продукта [1].

GAMP (Надлежащая практика автоматизированного производства) распространяется на все формы компьютеризированных систем, которые используются на предприятии в сфере регулирования принципов GMP. Это относится и к электронным таблицам (например, Excel, Visual Basic), и к разработанным базам данных [2].

Надлежащая инженерная практика (GEP) означает применение и соблюдение определенных принципов в планировании и проектировании систем, включающая в себя весь жизненный цикл системы. Фазы жизненного цикла системы включают проектирование, разработку спецификации, программирование, проведение тестирования, монтаж, эксплуатацию и техническое обслуживание системы.

В настоящее время в России действующим стандартом, который предусматривает этапы создания системы, является ГОСТ 34.601-90 [3]. Однако в этом стандарте многие процессы отражены недостаточно. Основой мировой практики являются международный стандарт ISO/IEC 15288:2015 [4], описывающий жизненный цикл компьютеризированной системы и стандарт ISO/IEC 12207:2008 (ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010) соответственно описывающий жизненный цикл программного обеспечения [5]. Оба стандарта могут совместно использоваться при закупке и установке компьютеризированной системы с необходимым программным обеспечением. Архитектура создаваемой системы должна предполагать прохождение валидационных испытаний и соответствовать требованиям GMP/GAMP, а процесс разработки и внедрения должен проходить по V- модели [6]. Первый этап — создание плана валидации (VP). Валидация — раздел правил GMP, касающийся надежности условий производства, это документирование доказательства того, что процедура осуществляется эффективно.

Второй этап — это создание плана квалификационных испытаний (QP) оборудования/системы, содержащий подробное описание необходимых мер испытаний, ссылаясь на протоколы FAT (Заводские приемочные испытания). FAT представляют собой процедуру тестирования, при которой проверяются все элементы оборудования/системы для обеспечения дальнейшей оптимальной работы.

Следующий этап — создание спецификации требований пользователя (URS), которая по своей форме аналогична документу «Техническое задание на создание компьютеризированной системы», разрабатываемому в соответствии с ГОСТ 34.602-89 [7]. Документ содержит только описание результатов работ, без указания того, как именно они должны быть выполнены. В него включается ряд обязательных требований, специфицированных стандартом ISO 11135:2014 [8]. Также на данном этапе описывается функционал системы (FS) с последующим детальным описанием конструкторской документации, включающая графики, программное обеспечение (DS). Затем производится

эксплуатация системы. По завершении производят приемочные испытания, для выявления ошибок. На основании квалификационного плана производится отчет о квалификационных испытаниях (QR) — это результаты проведенных испытаний, которые подтверждают успешное завершение квалификационных этапов. Отчет о валидации (VR) подводит итоги отдельных этапов проверки и подтверждает надлежащее состояние системы. GAMP предусматривает необходимость проведения анализа рисков, рассматривая их с точки зрения влияния на качество фармацевтической продукции.

При интеграции принципов нескольких стандартов действуют требования стандарта ISO 9001, обеспечивающие объединение стандартов в единую систему.

Вывод:

1. Проведение сертификации на соответствие GMP позволит предприятиям повышать качество и конкурентоспособность фармацевтической продукции, а также исключает нестабильность качества в процессе производства.

2. Компьютеризированная система, соответствующая руководству GAMP, обеспечивает эффективное практическое выполнение принципов GMP и способствует поддержанию процессов производства в надлежащем состоянии, для обеспечения качества фармацевтической продукции.

Список литературы:

1. Good Manufacturing Practice (GMP) Resources [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://www.ispe.org/gmp-resources — (Дата обращения: 07.02.2017).

2. Правила производства и контроля качества лекарственных средств [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 52249-2009. — Введ. 2010-01-01. — Режим доступа: Система Кодекс-клиент.

3. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания [Электронный ресурс]: ГОСТ 34.601-90 — Введ. 1992-01-01. — Режим доступа: Система Кодекс-клиент.

4. ISO/IEC 15288:2015 Systems and software engineering — System life cycle processes.

5. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств [Электронный ресурс]: — ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Введ. 2012-03-01. — Режим доступа: Система Кодекс-клиент.

6. GMP — Engineering Manual Guidelines for implementing automation projects in a GMP environment [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://w3.siemens.com/verticals/mea/en/pharma-industries/gmp-validation/gep/documents/gmp_eng-manual_pcs7-v61_en.pdf — (Дата обращения: 10.02.2017).

7. Техническое задание на создание автоматизированной системы [Электронный ресурс]: — ГОСТ 34.602-89. Введ. 1990-01-01. — Режим доступа: Система Кодекс-клиент.

8. EN ISO 11135:2014 Sterilization of health-care products. Ethylene oxide. Requirements for the

development, validation and routine control of a sterilization process for medical devices.

Обзор группы российских стандартов надлежащих производственных практик (GMP)

Д. В. Кривогузова, С. В. Мюгриева

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Концепция GMP используется как фармпроизводителями, так и государственными органами, которые указаны в федеральной целевой программе «Фарма-2020», а в качестве приоритетной задачи ставится «задача повышения конкурентоспособности отечественной фармацевтической промышленности путем гармонизации российских стандартов для развития и производства лекарственных средств с международными требованиями GMP».

«Good Manufacturing Practice для лекарственных средств (GMP)» представляет собой набор правил для производства качественных и безопасных лекарственных средств, таких как фармацевтические препараты, медицинские приборы, продуктов питания, пищевых добавок и активных ингредиентов. Первая версия стандартов GMP была разработана в США в 1963 году, а через некоторое время, в 1969 году появились международные правила GMP, рекомендованные ВОЗ для использования во всех странах мира.

Впервые правила GMP ЕС были приняты в России в 2004 г. в качестве ГОСТ Р 52249-2004 «Правила производства и контроля качества лекарственных средств», который является буквальным переводом правил GMP, функционирующих в Европейском Союзе, и не уступает стандартам GMP, которые были приняты в других развитых странах.

Смысл введения строгих стандартов GMP был и остается неизменным: обеспечение максимальной защиты потребителя. Концепция GMP это не просто набор теоретических пожеланий и требований, предъявляемых к практике производства лекарственных средств в фармацевтической компании, а средство, которое позволяет создавать эффективные лекарства на самом низком уровне «ошибок».

Стандарты GMP обеспечивают высокий уровень безопасности для пациента и обеспечения качества лекарственных средств.

Стандарт ГОСТ Р 52249 является идентичным переводом правил GMP Европейского Союза (GMP ЕС) «Good Manufacturing Practice for Medicinal Products

for Human and Veterinary Use» по состоянию на 31 января 2009 г.

Настоящий стандарт устанавливает требования к производству и контролю качества лекарственных средств для человека и животных. Стандарт распространяется на все виды лекарственных средств и устанавливает общие требования к их производству и контролю качества, а также специальные требования к производству активных фармацевтических субстанций и отдельных видов лекарственных средств. Стандарт не устанавливает требований к обеспечению промышленной безопасности, пожарной безопасности, взрывобезопасности, химической безопасности и безопасности других видов при производстве лекарственных средств.

ГОСТ Р 52249-2009 «Правила производства и контроля качества лекарственных средств» (GMP ЕС) дополняется пятью общими стандартами по правилам GMP:

1. ГОСТ Р 52537-2006 «Производство лекарственных средств. Система обеспечения качества. Общие требования».

Данный стандарт детализирует требования к системе обеспечения качества. Конкретные организационные и технические требования к документации, процессам и оборудованию (стерилизация, подготовка воды, технологическое оборудование, чистые помещения и пр.) рассматриваются в других стандартах.

2. ГОСТ Р 52550-2006 «Производство лекарственных средств. Организационно-технологическая документация».

Настоящий стандарт устанавливает основные требования к организационно-технологической документации, необходимой для производства лекарственных средств по ГОСТ Р 52249, ее содержанию и порядку ведения.

3. ГОСТ Р 52896-2007 «Производство лекарственных средств. Технологическое оборудование для производства твердых лекарственных форм. Общие требования».

Настоящий стандарт устанавливает общие требования к технологическому оборудованию для производства твердых лекарственных форм в соответствии с ГОСТ Р 52249 (правила GMP). Стандарт рекомендуется использовать при разработке, проектировании, выборе, аттестации и эксплуатации оборудования для производства твердых лекарственных форм, предназначенных для орального применения.

4. ГОСТ Р ИСО 15378-2009 «Производство лекарственных средств. Частные требования по применению ИСО 9000-2000 с учетом правил GMP».

Настоящий стандарт идентифицирует принципы GMP и устанавливает тре-

бования к системе менеджмента качества, применимой к первичным упаковочным материалам для лекарственных средств. Реализация принципов GMP при производстве и контролировании первичных упаковочных материалов в рамках организации имеет чрезвычайно важное значение для обеспечения безопасности пациентов, пользующихся лекарственными средствами из-за непосредственного контакта с продукцией. Применение GMP в отношении упаковочных материалов для фармацевтической продукции помогает обеспечить выполнение этими материалами нужд и потребностей фармацевтической промышленности.

5. ГОСТ Р ЕН 12296-2009 «Биотехнология. Оборудование. Методы контроля эффективности очистки».

Настоящий стандарт устанавливает методы оценки эффективности очистки оборудования (элементов и узлов), используемых в биотехнологических процессах. Требования стандарта распространяются на оборудование или его части, а также на контрольно-измерительные приборы, контактирующие с жидкостями, используемыми в технологическом процессе.

Одна из главных причин сложности внедрения GMP в нашей стране заключается в том, что большинство отечественных производителей рассматривают эти правила только как еще один документ, в котором требования должны быть выполнены во время исследования. На самом деле GMP является ежедневной работой и образом мышления, который должен определять действия работников фармацевтических производителей.

Проблемы российского фармацевтического рынка, связанные с GMP:

- процент брака среди российской фармацевтической продукции по последним данным Роспотребнадзора составляет 10%, что, бесспорно, свидетельствует о необходимости поиска дополнительной гарантии качества;
- для перехода на GMP необходима санация рынка;
- необходимо, чтобы деятельность по обеспечению GMP была интегрирована в каждом процессе, а не замыкалась на работе одного отдела обеспечения качества.

Список литературы:

1. Новости GMP. [Электронный ресурс] URL: http://gmpnews.ru/terminologiya/gmp/ (дата обращения: 09.02.2017).
2. Rosta pharmaceutical group. [Электронный ресурс] URL: http://en.rostagroup.ru/ production/what-is-gmp/ (дата обращения: 09.02.2017).
3. Стандарты GMP и GLP в России: проблемы и перспективы: [Электронный ресурс] URL: http://качество.рф/informatory/articles/141/show (дата обращения: 09.02.2017).

4. ГОСТ 12.1.003-76. Шум. Общие требования безопасности. — Взамен ГОСТ 12.1.003-68; Введ. 01.01.77. — М.: Изд-во стандартов, 1982. — 9 с.
5. ГОСТ Р 52249-2009. Правила производства и контроля качества лекарственных средств. — Взамен ГОСТ Р 52249-2004; Введ. 20.05.2009. — М.: Изд-во Стандартинформ, 2009.
6. ГОСТ Р 52537-2006. Производство лекарственных средств. Система обеспечения качества. Общие требования. — 21.04.2006;. — М.: Изд-во Стандартинформ, 2006.
7. ГОСТ Р 52550-2006. Производство лекарственных средств. Организационно-технологическая документация. — 01.01.2007;. — М.: Изд-во Стандартинформ, 2007.
8. ГОСТ Р 52896-2007. Производство лекарственных средств. Технологическое оборудование для производства твердых лекарственных форм. Общие требования. — 01.10.2008;. — М.: Изд-во Стандартинформ, 2008.
9. ГОСТ Р ЕН 12296-2009. Биотехнология. Оборудование. Методы контроля эффективности очистки. — 3.09.2009;. — М.: Изд-во Стандартинформ, 2009.

Основные направления реинжирниринга бизнес-процессов организации

Н. А. Прошин, А. С. Царькова, С. В. Якушев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Большинство определений термина BPR (Business process reengineering — реинжиниринг бизнес-процессов) сводятся к одному и тому же — фундаментальное переосмысление и радикальная модернизация бизнес-процесса, его структуры и связанной с ним системы управления, направленной на оптимизацию его работы. [1]

BPR заставляет менеджеров отбросить традиционные методы выполнения работы и перейти к клиенто-ориентированным методам. Многие организации достигли и (или) сохранили лидирующие позиции посредством реинжиниринга процессов, особенно тех процессов, которые не были ориентированы на клиента. Компании используя эти методы получили, вполне ожидаемые положительные результаты, включая: улучшение отношений с клиентами, повышение производительности, сокращение количества дефектов/ошибок и увеличение прибыли.

Целью данной работы является изучение направлений реинжиниринга бизнес-процессов организации.

Основная цель реинжиниринга заключается в необходимости произвести реорганизацию материальных, финансовых и информационных потоков.

Это, в свою очередь, означает организационные изменения, степень которых зависит от объема повторно спроектированного процесса.

Для того чтобы BPR был эффективным необходимо сосредоточиться на том, что нужно нашим клиентам, какие они предъявляют требования к продукции (ориентация на потребителя). Нам может, например, потребоваться 30-процентное сокращение затрат или сокращение времени поставок до двух дней. [2]

Организации, успешно реализующие BPR для своих бизнес-процессов, увеличили свою долю рынка, прибыль, снизили издержки и повысили качество выпускаемой продукции. Несомненно, возможно, что будущее BPR заключается в использовании нескольких направлений реинжиниринга одновременно. Совершенствование (реинжиниринг) процесса требуется для достижения долгосрочных и инновационных целей. Во многих успешных организациях BPR является неотъемлемой частью корпоративной культуры. Это изменение должно создать что-то, что не существовало прежде, а именно, обучаемую организацию, способную к адаптации в изменяющейся конкурентной среде. [3]

Список литературы:

1. Браганца А., Майерс А. [Braganza A. and Myers A.] Business Process Redesign — A View from the Inside. — London: International Thomson Business Press, 2010. — 271 с.

2. Хаммер М., Стэнтон С.А. [Hammer M. and Stanton S.A.] The Reengineering Revolution — The Handbook. — Glasgow: BCA, 2015. — 420 с.

3. Йохансон Х.Г., Макхью П., Пендлберри А.Г., Вилер В.А. [Johansson H.J., McHugh P., Pendlebury A.J. and Wheeler W.A.] Business Process Reengineering. — London: John Wiley, 2013. — 341 с.

Классификация обеспечивающих ресурсов бизнес-процессов организации

А. С. Царькова, Н. А. Прошин, С. В. Якушев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Производительность системы может быть улучшена часто за счет улучшения или изменения процессов, формирующих ее сущность, применяя процессный подход в управлении организацией. В свою очередь, проблемы, как

правило, кроются в деталях основных системообразующих составляющих, таких как, например:

- выбор и обоснование процессов организации с дальнейшей их декомпозицией и описанием;
- выбор плана (развертывания) стратегии процесса;
- вопросы измерения и улучшения показателей процесса, прежде всего его производительности;
- построение системы взаимоотношений персонала, основанной на принципах управления, направленных на выявление роли лидерства, использования ценностей, убеждений, ответственности, подотчетности, полномочий и стимулов;
- определение уровня достаточной информатизации процессов и своевременной передачи знаний по всей цепи взаимосвязанных процессов.

Во многих организациях подход к ведению бизнеса строится на эффективном управлении «ключевыми или основными бизнес-процессами». Это помогает четко определить последовательность действий, которые способствуют увеличению прибыли. Кроме того, такое управление объединяет похожие действия, и убирают те, которые не ведут к улучшению. В некоторых случаях, это приводит к огромным изменениям в управлении.

Развертывание общей структуры процесса высокого уровня в рамках всей организации дает много преимуществ: снижение затрат и повышение гибкости, особенно с точки зрения распределения ресурсов

Ресурсы бизнес процесса — это совокупность средств, необходимых для использования в предпринимательстве: производстве, создании, реализации товара, услуг, управлении этими процессами.

Следует различать материальные и обеспечивающие ресурсы. Материальные ресурсы представляют собой входы процессов, которые, как правило, являются предметами труда (сырье, материалы, полуфабрикаты, комплектующие изделия) для производственных процессов или объектом использования для процесса, в рамках которого претерпевают качественное преобразование (трансформацию), как готовая продукция для процесса реализации. Обеспечивающие ресурсы выполняют функцию обеспечения условий нормального функционирования основного или управляющего процессов.

Проблема эффективности (результативности) бизнеса часто заключается в том, что в бизнесе мало уделяется внимания системе управления ресурсами,

которая должна присутствовать на предприятии.

А это существенно снижает процентные показатели эффективности управления издержками, вызывает нерациональность использования ресурсов, порождает непредвиденные, кризисные явления.

Список литературы:

1. Бестерфилд Д. [Besterfield, D.], Quality Control (6th edn), Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 2009/. — 734 с.
2. Харрингтон Х.Д. [Harrington, H.J.], Total Improvement Management, McGraw-Hill, New York, 1995. — 618 с.
3. Сенге П. [Senge, P.M.], The Fifth Discipline, Century Business, London, 2009. — 372 с.

Оценка эффективности процессов организации через их производительность

С. В. Якушев, А. С. Царькова, Н. А. Прошин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Эффективность процесса управления — как частный случай эффективности системы управления характеризует результативность самого процесса воздействия субъекта на управляемый объект.

Показатели эффективности, используемые на уровне процесса, сильно различаются в различных организациях. Некоторые организации измеряют производительность процесса с помощью сбалансированной системы показателей, в то время как другие контролируют производительность в различных размерах в соответствии с процессом.

Учеными был установлен ряд факторов, имеющих решающее значение для успеха производительности системы. Эти факторы включают в себя определение нескольких жизненно важных мер, вовлечение всех людей в развитии измерения производительности, включение клиентов и поставщиков в процесс измерения, а также определение ключевых факторов производительности. Эти факторы необходимо будет принимать во внимание менеджерам, желающим разработать новую систему измерения производительности, или усовершенствовать существующую.

Структура измерения эффективности (PMF) базируется на основе стратегического планирования и моделях управления процессом. Структура имеет

четыре элемента (рис. 1):

Уровень 1. Разработка и определение цели ведет к миссии, критическому фактору успеха и ключевым результатам деятельности (ОРД).

Уровень 2. Управление процессами и измерение производительности процесса с помощью ключевых показателей эффективности (КП) (включая вход, в технологических и выходных мерах, управление внутренних и внешних отношений с клиентами / поставщиками и использования систем контроля управления).

Уровень 3. Индивидуальное управление производительностью и оценка производительности.

Уровень 4. Контроль производительности (в том числе внутреннего и внешнего бенчмаркинга и качества калькуляции затрат).

Эта структура отражает слияние подходов, используемых различными организациями в измерении производительности. Для успешного измерения производительности на уровне процесса является выявление и перевод требований заказчика и стратегических задач в интегрированный набор показателей эффективности процесса.

Методы анализа эффективности работы используются многими организациями мирового класса, чтобы определить возможности для улучшения, а также мотивировать повышение производительности. Эти компании, как правило, используют широкий спектр таких методов и инновационных измерений производительности в их стремлении к постоянному совершенствованию.

Список литературы:

1. Zairi, M., Measuring Performance for Business Results, Chapman and Hall. — London, 1994. — 287 p.
2. Talley, D.J., Total Quality Management: performance and cost measures, ASQ, Milwaukee, 1991. — 347 p.
3. Neely, A., Measuring Business Performance (2nd edn), Economist Books. — London, 2002. — 234 p.

Сборник материалов

IV Научно-практической конференции с международным участием

«НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО»

для студентов, аспирантов и молодых ученых,

состоявшейся 17-18 марта 2017 г.

в Санкт-Петербурге