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

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

Сборник материалов конференции
24 — 25 марта 2016 г.

Санкт-Петербург

2016

IV НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ 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), Комитет общего и профессионального образования Ленинградской области, ОАО «Светлана» (г. Санкт-Петерубрг), ОАО НИИ «Вектор», ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», ОАО «Государственный оптический институт им. С. И. Вавилова», Группа компаний «Меридиан», ОАО «Завод Магнетон», АО «НПП «Радар ммс»

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 24 — 25 марта 2016 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

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ 1

Балашов В.М.
АО «НПП «Радар ммс» 13

Мякин С.В.
Анализ поверхности материалов на наноуровне методом адсорбции кислотно-основных индикаторов 16

Кудрявцев В.А.
Разработка программного комплекса автоматической генерации электронной документации для аналоговых IP-блоков в среде MAXWELL от компании SYNOPSYS 19

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ 23

Бодриков В.П., Буренев П.Н., Шипицин О.Р.
Применение технологии дополненной виртуальности при построении учебно-тренировочных средств 23

Варанкин В.К.
Оптимизация итеративных алгоритмов обработки графов на модели MAPREDUCE 25

Волков Н.В., Григорьев Д.А.
Аспектно-ориентированный рефакторинг N2CMS при помощи Aspect.NET 26

Галичев Д.С., Ованесов В.Д.
Приватность как неотъемлемая привилегия человека информационного общества 28

Галушко Е.А.
Визуальный конструктор меню для консольных приложений в C++ 29

Данилов К.Д.
Маршрут разработки аппаратно-программной системы на базе CYCLONE V под управлением LUNIX 31

Данилов С.В.
Машинное обучение на практике 33

Заборовский Э.В.
Способы синхронизации клиентов в онлайн и сетевых играх реального времени 35

Зубков Н.С.
Контроллер шагового двигателя роторного планшетного фотометра 37

Иванова Н.Г., Караманов В.А.
Модельное проектирование цифровых электронных блоков командных приборов 39

Иванова А.Г., Иванова Н.Г.
Программная реализация параметрического эквалайзера 41

Караманов В.А., Иванова А.Г., Щетнев А.В.
Роль сенсорных систем на основе лидаров в роботизированных системах 43

Комаров Д.Н.
Использование примесей в языке C# 45

Корсаков И.С., Львов Р.В., Щукин Н.В.
Автоматизированное проектирование и аддитивное изготовление индивидуальных компонентов в ортопедии 46

Лившиц И.А.
Исследование и разработка программного обеспечения для 3D-моделирования на основе VOXEL-элементов 50

Лодис У.В.
Цифровой термометр на базе частотного датчика температуры 52

Дементьев В.Е., Киреев С.Х., Маняшин Д.А., Рогаль А.А.

Система интеллектуальной защиты информационно-телекоммуникационной сети 54
Михайлов В.В.
Методы обнаружения нейронов на двумерных изображениях среза спинного мозга 56
Неробов А.В.
Исследование и разработка модуля сбора информации о текущем состоянии сети для распределённой САПР 58
Николаев С.Ю.
Аспектно-ориентированная реализация принципа инверсии зависимости при разработке программного обеспечения 60
Перьков Д.П.
Оптимизация кодировки символов для высокоскоростной обработки данных 62
Планкова М.В., Кондратова М.А.
Сравнительный анализ функциональных возможностей BI-платформ 63
Расторгуева И.В.
Платформа сбора и обработки данных гидродинамических испытаний 65
Романова Т.В., Фараизова Л.И.
Создание электронного операционного журнала для кардиохирургического отделения 67
Румянцева Н.А., Козырева А.С., Стукан А.С.
Разработка веб-ориентированного приложения для автоматизированной системы выбора услуг мобильной связи 68
Старых А.А., Ковалев А.В.
Построение запоминающих элементов для асинхронных схем 69
Тимофеев Б.М.
Принципы построения масштабируемых систем управления и контроля данных на основе программных компонент с открытым кодом 71
Томилов А.А.
Концепции X3D в X3-dom 73
Топильский А.А.
Исследование и разработка модуля управления моделированием в распределённой САПР 74
Топорская А.С.
Программирование микроконтроллера отладочной платы ARDUINO UNO для решения задачи построения измерителя температуры 76
Трейерова А.С., Ускова Д.В.
Биоинформатика: анализ белков и ДНК 79
Хохлова Д.Д.
Разработка и реализация мобильного приложения для идентификации абонентов 81
Чан Хыу Фыонг, Фан Хан Чьунг, Нгуен Хоанг Хиеп
Разнообразный мир компьютеров будущего 82
Щетнев А.В., Хомицкая Е.С.
Разработка системы управления шагающим роботом 83

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ 85

Ашапкина М.С.
Применение флуктуационного анализа для сигнала двигательной деятельности человека 85
Будчан Д.С.
Алгоритм решения кубических уравнений в конечном поле и его применение в отрицаемом шифровании 87
Волобой В.С.
Разметка финансовых временных рядов 89
Жангиров Т.Р.

Вычисление параметров музыкального произведения для определения эмоционального окраса *89*

Кувшинов И.С.

Применение DEEP LEARNING для распознавания изображений *91*

Мотовилов И А.

Визуализация моделей, построенных средствами Data Mining, на примере ассоциативных правил *93*

Размочаева Н.В., Чернокульский В.В.

Исследование фильтра Калмана в задачах повышения эффективности измерений посредством МЭМС (9-ти осевых) датчиков движения *94*

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕХАТРОНИКА 97

Акимов А.О., Вавилов А.В., Лопух Д.Б., Мартынов А.П.

Анализ сигналов и выбор оборудования для измерения электрических параметров индуктора при индукционной плавке в холодном тигле *97*

Альгин И.В., Лопух Д.Б., Мартынов А.П.

Остекловывание радиоактивных отходов методом ИПХТ с использованием СВЧ энергии *99*

Балашенко Н.Г., Смирнов А.П., Абдулхаков И.Ю.

Оптимизация схемы согласования инвертора напряжения для минимизации помех со стороны индукционной нагрузки на коммутационные процессы силовых транзисторов *102*

Бобров Е.В.

Обзор научной литературы по управлению шаговым двигателем *104*

Быкадоров В.О., Рааб И.А., Дзлиев С.В.

Сканирующая индукционная закалка цилиндрических деталей *104*

Лебедев В.В.

Промышленный экзоскелет «Миротворец» *107*

Серых Е.В.

Система управления маневром парковки робота *109*

Филатов Д.М., Фридрих А.И., Девяткин А.В.

Система управления квадрокоптером *111*

Даукаев К.А., Егоров В.Е.

Интеграция электроэнергетических, электротехнических систем и облачных технологий *114*

Денисенко М.А., Селюнин Д.М.

Индукционная закалка ТВЧ плоской круговой поверхности *115*

Калинин А.С.

Диодно-конденсаторные схемы умножения напряжения *117*

Ломанова Е.В.

Преимущества интеграции систем РЗиА на основе ПЛК в автоматизированные системы управления электроснабжением *119*

Полковников Р.С., Ляшов С.А.

Оптимизация работы диодного драйвера SF60xx фирмы «Федал» *121*

Порохненко К.А.

Анализ систем векторного управления асинхронным двигателем с датчиком и без датчика скорости на валу двигателя *123*

Уточкин С.Е., Просин О.Д.

Источник питания импульсного твердотельного лазера с диодной накачкой *125*

Сердитов Ю.Н.

Сравнение дискретно-непрерывного и разностного методов анализа теплообменных процессов в ректификационной колонне *127*

Скорых Д.П.

Разработка устройства диагностики транзисторного инвертора напряжения для индукционного нагрева ... 128

Соколов Я.И., Еникеев В.Р.

Исследование негативного влияния инверторных преобразователей частоты на качество электроэнергии ... 130

Миронюк А.В.

Система удалённого управления трёхколёсным роботом ... 131

РАДИОТЕХНИКА И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ... 133

Ефимович А.П.

Влияние выходной емкости транзистора и потерь в нагрузочной цепи на КПД усилителя класса F_3 ... 133

Ильина А.Е.

Особенности проектирования спутниковых систем связи на примере телекоммуникационных спутников компаний Thuraya и Inmarsat ... 135

Козлов М.А.

Разработка мультиспектральной камеры ... 136

Морозов Д.А.

Разработка методики измерения потерь в металлизированных ферритовых волноводах ... 137

Новиков А.И.

Программная модель приёмо-передающей системы на основе динамического хаоса ... 138

Осипова О.С., Коробков А.А.

Примение адаптивной фильтрации в задачах электрокардиографии ... 139

Пыко Н.С.

Исследование взаимной динамики физиологических процессов ... 141

Сарибекян А.М., Юшин А.М.

Разработка PIN-диодного ограничителя мощности S-диапазона ... 143

Трошкин Д.Е.

Исследование возбуждения хаотических солитонов в магнитных пленках ... 144

Ширшов И.Ю.

Дальняя космическая связь будущего. Перспективы ... 146

Ильин П.А., Масалович М.С.

Исследование параметров суперконденсаторов с псевдоемкостью, реализованной на основе политиофена ... 147

Чепелев А.Г.

Исследование искажений при кодировании изображений ... 149

Юткина Н.В.

Резонанс в колебательном контуре с нелинейной емкостью ... 151

Юшин А.М., Сарибекян А.М.

Х-циркулятор поверхностного монтажа СВЧ диапазона ... 153

Кожухарь А.В.

Методы улучшения разрешения изображения ... 155

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И БИОТЕХНОЛОГИИ ... 157

Алаев А.Н., Лаптев М.В., Петров Г.А.

Влияние антенных систем на информационные потоки в акустических содарах ... 157

Алексеенкова Е.В., Скоробогатова А.И.

Разработка системы определения положения тела человека в пространстве ... 159

Богдан Е.В., Пустозеров Е.А.

Разработка портативной системы для оценки интенсивности физических нагрузок по показателям пульсовой волны *161*

Власова К.В.

Оценка маневра форсированного выдоха по аускультативному сигналу трахеального дыхания как метод инструментальной диагностики пациентов с ХОБЛ *163*

Гончарова Н.А.

Статический пьезоэлектрический генератор *165*

Горшенин Н.О., Рябошапко Б.В.

Модель отклика квадрокоптера на идентифицированные ситуации в среде LabVIEW *166*

Емилова Р.Р.

Моделирование аэродинамического пьезогенератора *168*

Даминова Э.А., Мирина Т.В.

Математическая обработка данных тестирования. Формирование оценки личностных качеств и адаптированности к факторам окружающей среды *170*

Елфимов Д.Б., Богданов С.Л.

Метод исследования влияния аневризм в артериях головного мозга на гемодинамические параметры *174*

Клишковская Т.А., Анисимов А.А.

Разработка алгоритма выделения характерных точек сигнала пульсовой волны *175*

Кузюкова А.С., Смолякова А.А.

Проблема прекращения сброса неочищенных промывных вод фильтровальных водопроводных сооружений *177*

Марьин М.Ю.

Методы и средства поверки ультразвуковых толщиномеров *179*

Матвеева В.Н., Аксёнов А.Ю.

Оценка величины методической погрешности установки пассивных маркеров на кожу стопы и поверхность обуви во время регистрации кинематики и кинетики движений человека при диагностике патологий голеностопного сустава *181*

Михник А.Ю.

Очистка поверхностей пластин для использования в микроэлектронике при помощи ультразвуковой кавитации *183*

Нестеров Е.Е., Зимина Т.М., Севостьянов Е., Астахова О.

Разработка технологии изготовления ростовых микроплатформ на основе анодного оксида алюминия для экспресс-анализа микроорганизмов *185*

Никитина Ю.А.,Аксенов А.Ю.

Исследование влияния высоты каблука на плантарное распределение давления под стопами для рекомендаций при различных патологиях стопы *187*

Погорелова Н.А., Дровнин П.Н.

Алгоритм обработки электрокардиограммы для диагностики апноэ *190*

Пономаренко В.А.

Факторы-ограничители распространения Ambrosia artemisiifolia L. в урбофитоценозах Северного Приазовья *193*

Раскопина М.С.

Исследование ранней диагностики ДЦП *194*

Сапожникова А.А., Лифляндская И.Г.

Разработка и производство тест-фантома для контроля эксплуатационных параметров источника ионизирующегоизлучения (маммографа) *196*

Симон В.А.

Способ регистрации электрокардиосигнала через емкостную связь *197*

Ситков Н.О., Соловьев А.В., Зимина Т.М.

Разработка миниатюрного сенсора для импедиметрических исследований патогенных микроорганизмов *199*

Скоробогатова А.И., Котенева Т.Д.

Особенности исследования поверхности зубов при помощи АСМ микроскопии *200*

Спирина О.А.

Дисковый биморфный преобразователь для пьезоэлектрического генератора *202*

Степанова М.С., Захаров И.С.

Перспектива развития водоочистных технологий в Северо-Западном регионе для сохранения экосистемы Балтийского моря *203*

Сулоева Е.С.

Влияние транспортируемого эталона на дополнительную погрешность результата сличения *205*

Сучкова Е.С., Соловьев Л.Н.

Регенерация воды при помощи природного цеолита *208*

Тагиева К.Ф., Аксенов А.Ю.

Исследование влияния скорости ходьбы человека на плантарное изменение давления под стопами *210*

Тарабычина К.К.

Биомеханическое обоснование алгоритма исследования состояния структур коленного сустава при переломе мыщелка большеберцовой кости *212*

Толстякова С.Ю.

Селективный анализ сигнала пульсовой кривой *214*

Тузеев М.Н., Орлова Н.В.

Моделирование распространения загрязнения нефтепродуктами в водном объекте *216*

Саблина Ю.В., Ульянова А.В., Машевский Г.А.

Исследование факторов, влияющих на развитие детей раннего возраста *218*

Федосеев Ю.В., Щурова Е.Ф.

Применение роботизированных биомеханических локомоторных систем в реабилитации пациентов после острого нарушения мозгового кровообращения на примере устройства Lokomat Pro *220*

Хузягулова К.Л.

Разработка устройства для слежения за взглядом человека *222*

Шикама Фабиен

Ультрафиолетовое облучение крови (УФОК) *224*

ЭЛЕКТРОНИКА И ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ 227

Ahmed Elsayed Soliman Berber

Shoulder disarticulation fitting with 6 independently controlled motors after targeted hyper-reinnervation nerve transfer surgery *227*

Авдиенко П.С., Комков О.С.

Определение параметров приповерхностной области в арсениде галлия методом фотоотражения *229*

Герман В.А., Корнеева А.В.

Жидкостный лазер на основе органических красителей и коллоидных квантовых точек *231*

Григорьев А.Д., Джалилов Б.А.

Многодиапазонная антенна для сотовых телефонов *233*

Козлович Л.И., Тадтаев П.О., Ваталев О.С., Степанов Е.М.

Излучающие структуры на основе коллоидных квантовых точек, имеющие высокий коэффициент цветопередачи *235*

Коляда Д.В., Фирсов Д.Д., Шилов П.С., Комков О.С.

Определение влияния сульфидизации подложки на свойства автоэпитаксиальных слоёв InAs методом фотолюминесценции ... 237
Рамазанов А.Н., Кострин Д.К.
Применение тлеющего разряда для спектрального анализа химического состава воды ... 239
Белуш Л.В.
Разработка технологиии вакуумного магнетронного осаждения металлических покрытий на основе двухслойной структуры CU-NI в производстве волноводных ферритовых фазовращателей ... 241
Ваталев О.С., Козлович Л.И., Романовский Д.С.
Исследование МНЕМТ-структур методом фотолюминисценции ... 242
Гутман С.А.
Отработка технологии изготовления линий задержки на ниобате лития ... 244
Достовалов А. А., Паранин В.Д.
Распределение напряженности поля в зависимости от толщины и эллиптичности электродов ... 246
Елисеенко Д.А.
Спектры отражения плёнок оксида вольфрама при электрохромном эффекте ... 247
Качайкин В.В.
Исследование спин-волновой СВЧ-фильтра. ... 248
Кислицын В.М.
Исследование спин-волнового генератора ... 249
Корнеева А.В., Герман В.А., Венедиктов К.А.
Исследование эффектов усиления излучения в структурах на основе коллоидных квантовых точек халькогенидов металлов ... 250
Корюкин А.В.
Исследование параметрического возбуждения хаотических сигналов в магнитных пленках ... 252
Кочунов К.В.
Исследование спектров испускания газового разряда при реактивном магнетронном распылении ванадиевой мишени ... 253
Кузнецов Н.А., Устинов А.Б.
Исследование наведенного нелинейного фазового сдвига спиновых волн в ферромагнитных пленках ... 255
Кучерук В.В., Лебедев Н.В.
Нелинейный сегнетоэлектрический конденсатор для устройств обработки СВЧ сигналов ... 256
Исследование электрических характеристик полупроводниковых источников на гетероструктурах после форсированных испытаний ... 257
Малаева Е. А.
Радиофотонный генератор хаотического СВЧ-сигнала на ЖИГ ... 258
Милицына Е.О., Бондаренко А.С., Морозова А.А.
Газодинамическая модель тлеющего разряда магнетрона ... 260
Мокерова Ю.В.
Технология осаждения и свойства плёнок оксида тантала, полученных методом реактивного магнетронного распыления ... 262
Яковлев Ю.П., Гребенщикова Е.А., Именков А.Н., Шутаев В.А., Оспенников А.М.
Сенсор водорода на основе МОП-структуры Pd — окисел — InP ... 263
Примакова О.В., Волощенко П.Ю., Астахов Л.Д.
Исследования нелинейных процессов в интегральные схемы СВЧ ... 265
Ратаев В.П., Мыльников И.Л., Комлев А.А.
Осаждение пленок оксидов с помощью магнетронного распыления «горячей» мишени ... 267
Слышак А.В., Слышак В.С.

Осаждение пленок оксидов меди методом реактивного магнетронного распыления *269*

Смирнов В.В., Карзин В.В., Комлев А.А., Завьялов А.В.

Моделирование нагрева «горячей» металлической мишени магнетрона *271*

Толубаева А.А.

Метрологическое и информационное обеспечение разработки и испытаний радиолокационного канала металлоискателя..... *273*

Устинова И.А., Никитин А.А., Устинов А.Б.

Магнонный кристалл на основе ферри-сегнетоэлектрической структуры *275*

Чернявский А.М.

Титанат-цирконат бария — новый материал для СВЧ-применений..... *277*

НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ 279

Александрова А.А., Лашкова Н.А., Максимов А.И., Матюшкин Л.Б.

Исследование наноструктур zno с помощью сканирующей микроскопии сопротивления растекания *279*

Бавтович И.М., Фирсов Д.Д.,Комков О.С.

Исследование транзисторных структур InGaAs/InAlAs/InP методом фотолюминесценции *281*

Беспалова К., Белорус А.О., Спивак Ю.М., Сомов П.А.

Функционализация порошков пористого кремния для биомедицинского применения..... *283*

Гайнетдинов В.Р., Ганеева Н.Н.

Контактные явления в полупроводниках..... *285*

Гуревич М.О.

Расчёт размеров коллоидных квантовых точек CdSE на основе анализа спектров люминесценции *287*

Зырянов Р.С.

Модели возникновения, роста, эволюции и иерархической сборки фрактальных агрегатов (обзор состояния и перспектив получения сенсорных структур нового поколения с перколяционным характером электронного транспорта)..... *289*

Истомина М.С., Мараева Е.В. , Левицкий В.С.

Исследование спектров фотолюминесценции нанокомпозитов системы SIO_2 — SNO_2, модифицированной фуллеренолами $C_{60}(OH)_n$ (N = 22-24)..... *291*

Кадырова Г.И., Гайнетдинов В.Р.

Исследование влияния фталоцианина меди на транспорт носителей заряда в многослойной структуре на основе полимерного диэлектрика *293*

Лепескин Ю.П., Пермяков Н.В., Мошников В.А.

Разработка лабораторного стенда термозондового анализа полупроводниковых материалов *295*

Перцова А., Матюшкин Л.Б.

Синтез и исследование плазмонных наночастиц типа ядро/оболочка *297*

Решетникова А.А., Матюшкин Л.Б.

Получение тонких пленок оксидов переходных металлов методом послойного осаждения из водных растворов комплексных соединений..... *299*

Александрова А.А., Лашкова Н.А., Максимов А.И.

Формирование и исследование гетероструктур ZnO: Al/CuO *301*

Семенова Ю. Л.

Имитационная модель тренировки дельфинов *303*

Степовой А.В.

Вольтамперная характеристика плоскопараллельных структур на основе титаната бария легированного марганцем *305*

Тадтаев П.О., Козлович Л.И., Михайлов И.И.

Создание и изучение свойств органических светоизлучающих структур на основе коллоидных квантовых точек *306*
Федосеев А.Г., Захаров А.С., Матюшкин Л.Б.
Создание тонких пленок оксида цинка методом ультразвукового спрей-пиролиза *308*
Архипов А.А., Герасимов М.А., Шимусюк М.В., Яшкардин Р.В.
Механизм образования микрокапель под действием мощных заряженных потоков энергии *310*
Shahrukh Khanzada
Different ways to get electrical energy from human body *312*
Алдашкин Г.В.
Исследование пористого кремния для биологического применения электрохимическими методами *315*
Арнт О.В., Жакина А.Х., Амирханова А.К., Аккулова З.Г., Василец Е.П.,. Кудайберген Г.К, Рапиков А.Р.
Синтез наноферритов *317*
Атаев В.В.
Применение пористого кремния в медицине *319*
Королев Д.В., Бабикова К.Ю., Постнов В. Н., Наумышева Е. Б., Гареев К. Г.
Разработка методики синтеза и установки для аминирования аэросила, используемого в качестве носителя лекарственных препаратов *321*
Байдина Е.С., Сегодник А.В.
Солнечные элементы на основе коллоидных квантовых точек *323*
Малюков С.П., Клунникова, Ю.В. Бондарчук Д.А., Буй Т.Х.
Исследование керамики для создания средств с повышенными защитными свойствами *325*
Висурханова Я.А., Музаппарова А.А., Павленко Н.А.
Композиты анилиноформальдегидного полимера с солями железа, их строение и электропроводные свойства *327*
Дюсекенов А.М., Ахметкаримова Ж.С., Байкенов М.И., Ордабаева А.Т., Мейрамов М.Г.
Влияние нанокатализаторов на процесс гидрогенизации модельного соединения — антрацен *329*
Королев Д. В., Захарова Е.В., Евреинова Н.В., Торопова Я.Г., Печников Н.А.а, Гареев К. Г.
Изучение естественного биораспределения магнитных наночастиц по количественному содержанию железа в органах лабораторных животных *331*
.Кадыров А.Р
Исследование механизма деградации поверхности нанокомпозитных Al-Si-N покрытий при термическом отжиге *332*
Кудайберген Г.К., Жакина А.Х., Аккулова З.Г., Амирханова А.К., Василец Е.П., Арнт О.В., Рапиков А.Р.
Метод получения магнитной жидкости *335*
Кунашик Е.С., Лившиц А.О., Соломникова А.В.
Создание программы для обработки 2D ACM сканов GaN с помощью сред NI Vision и LabVIEW .. *336*
Полковникова Ю.А., Прохорова А.В, Середин П.В., Леньшин А.С.
Исследование возможности применения нанопорошков пористого кремния как системы точечной доставки лекарственного препарата «Винпоцетин» *338*
Музаппарова А.А., Висурханова Я.А., Давыдченко Д.С.
Влияние условий синтеза на электропроводные свойства медьсодержащих композитов полианилина *340*
Матюшкин Л.Б., Муратова Е.Н., Спивак Ю.М.
Определение геометрических параметров нанопористой мембраны на основе анодного оксида алюминия по оптическим спектрам *342*
Обухова А.С., Агликов А.С.
Температурные характеристики светоизлучающих диодов на основе твёрдого раствора ALGAINN *344*

Рябко А.А., Максимов А.И.
Формирование наноструктур ZNO на AL *346*
Соболева Е.А., Висурханова Я.А., Иванова Н.М.
Электрокаталитическая активность биметаллических Co-Cu-композитов полианилина в электрогидрировании п-нитроанилина *348*
Чипчев К.Ю., Крамор Н.Р., Муратова Е.Н., Спивак Ю.М.
Применение математического аппарата фрактального анализа для количественного описания свойств поверхности пористых структур *350*
Шахбазов С. В., Сулоева Е. С.
Комплекс лабораторных работ для дисциплины «Аналоговая электроника». *351*
. Шульга А.И, Мазинг Д.С.
Получение коллоидных квантовых точек тройных соединений халькогенидов металлов *354*
Ялымов Н.А.
Исследование технологии осаждения пленок титаната-станната бария..... *355*
УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ..... 357
Курганский С.И.
Принципы оценки качества образования и способы повышения позиций в международном рейтинге QS World Universities *357*

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

АО «НПП «Радар ммс»

В.М. Балашов

Зам. генерального конструктора по программно-целевому развитию, д.т.н., профессор

АО «НПП «Радар ммс» ведёт свою историю с 1950 года и является на сегодняшний день одним из мировых лидеров в области создания систем самонаведения высокоточного оружия, военной и гражданской авионики, систем мониторинга и навигации, специального оборудования с использованием СВЧ и цифровой техники, точного приборостроения, сложного программного обеспечения. Продукция предприятия имеет гражданское, двойное и военное назначение, соответствует требованиям международных стандартов ISO.

«Радар ммс» — системный интегратор бортовых мониторинговых комплексов нового поколения, которые адаптированы к применению с любых летательных аппаратов. Одна из разработок — поисково-прицельный комплекс «Касатка», предназначенный для обнаружения подводных и надводных объектов, целеуказания различным носителям противолодочного и противокорабельного оружия, поисково-спасательных работ, экологического мониторинга акваторий морей и океанов. Предприятие разрабатывает и производит бортовые радиолокационные системы различного назначения. Новейшая разработка предприятия — мини РЛС 3-мм диапазона, обеспечивающая всепогодное круглосуточное обнаружение опасных предметов в районе посадки/взлета с получением информации высокой точности о взаимном расположении вертолета, земной поверхности и наземных объектов. Для поиска и обнаружения искусственных объектов: автомобилей, судов, людей в сложных метеоусловиях разработана бортовая РЛС кругового обзора большой дальности на базе цифровой АФАР.

АО «НПП «Радар ммс» — один из лидеров российского рынка микроэлектроники и микросистемотехники. На предприятии разрабатывают и производят изделия акустоэлектроники и микросистемо-техники с использованием нанотехнологий: датчики температуры, влажности и дефор-

мации с идентификацией на поверхностных акустических волнах (ПАВ); прецизионные кварцевые датчики давления, уровнемеры и пьезометры; полосовые фильтры на ПАВ; дисперсионные акустоэлектронные линии задержки; тонкопленочные и микрополосковые платы для СВЧ-модулей.

Инновационная разработка предприятия — электроиндукционный дымовой пожарный извещатель раннего обнаружения пожароопасной ситуации с плавающим порогом и интеллектуальным методом обработки сигнала.

Одним из направлений научно-производственной деятельности предприятия является создание комплексов с беспилотными летательными аппаратами (БЛА) вертолетного и самолетного типов. Они предназначены для оперативного мониторинга с воздуха больших площадей и протяженных участков земной, водной и ледовой поверхности в труднодоступных местностях. На предприятии создан параметрический ряд беспилотных вертолетов взлетной массой от 6 до 600 кг.

Совместно с Центральным конструкторским бюро по судам на подводных крыльях им. Р.Е. Алексеева компания проектирует и создает суда с динамическим принципом поддержания: скоростные суда и катера на воздушной подушке, на воздушной каверне, на подводных крыльях, транспортно-амфибийные платформы, экранопланы специального и гражданского назначения.

Одной из разработок предприятия, являются интеллектуальные технологии оснащения зданий, офисов, учреждений, транспортных средств. АО «НПП «Радар ммс» создает системы управления, которые обеспечивают: повышенный уровень безопасности объектов четкое взаимодействие всех систем; организация сетевой структуры управления с реализацией функций автоматического контроля, обработки и хранения информации о состоянии систем с единого диспетчерского пункта управления; ресурсосбережение.

Концепция «Интеллектуальное здание» успешно реализована на базе нового многофункционального научно-исследовательского центра «Альпийский», строительство которого предприятие завершило в 2011 году. Центр «Альпийский» стал первым интеллектуальным зданием в Санкт-Петербурге, в котором оптимально сочетаются высокий уровень безопасности, комфорта, экологичности и экономичности. Научно-

исследовательский центр «Альпийский» — победитель конкурса «Лучшее интеллектуальное здание России — 2011».

В настоящее время предприятие работает над реализацией глобального проекта — новой технологической платформы «Интеллектуальная транспортная система». Эта система обеспечит безопасность и комфорт на российских автодорогах.

Одна из концепций — медицина катастроф, предусматривает создание, функционирование и развитие системы аварийного спасания в районах стихийных бедствий, техногенных катастроф и т.п. В рамках концепции на предприятии разработаны: унифицированный бортовой медицинский комплекс; оснащение медицинских автомобилей и аварийно-спасательных машин для ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий; диагностический медицинский прибор участкового врача «Кейс».

АО «НПП «Радар ммс» поддерживает стратегическое партнерство с ведущими техническими вузами Санкт-Петербурга, в трех из которых работают базовые кафедры, которые обеспечивают привлечение ведущих специалистов предприятия к разработке учебно-методических пособий, согласованию учебных планов и программ дисциплин, проведению учебных занятий в университетах и в учебном классе предприятия, к руководству курсовых и выпускных квалификационных работ по тематике предприятия.

В АО «НПП «Радар ммс» ежегодно проходят производственную практику более 300 студентов технических университетов и колледжей Санкт-Петербурга.

АО «НПП «Радар ммс» ведет активную профориентационную деятельность среди учащихся школ и внешкольных учебных заведений. Совместно с Правительством Санкт-Петербурга и Санкт-Петербургским городским Дворцом творчества юных АО «НПП «Радар ммс» учредило и проводит ежегодные научно-практические конференции старшеклассников «Будущее сильной России — в высоких технологиях».

АО «НПП «Радар ммс» удостоено Благодарности Президента Российской Федерации в 2010 и 2015 годах. Сегодня на предприятии работает более 2000 квалифицированных специалистов, среди которых — Герой России, лауреаты государственных премий, профессора, доктора и канди-

даты наук, доценты. Свыше 250 сотрудников награждены орденами и медалями Российской Федерации.

Анализ поверхности материалов на наноуровне методом адсорбции кислотно-основных индикаторов

С.В. Мякин

Санкт-Петербургский государственный технологический институт

Состояние поверхности является важнейшим фактором, определяющим физико-химические свойства твердых веществ и материалов — реакционную способность, химическую стойкость, сорбционную активность, способность к различным межфазным взаимодействиям и т.д. По своим характеристикам поверхность принципиально отличается от объемного слоя вещества, что обусловлено рядом факторов, включая естественное нарушение системы химических связей и их перестройку с образованием области напряженных связей с повышенной физико-химической активностью, слоев с измененным химическим составом вследствие взаимодействия с окружающей средой, а также присутствия физически сорбированных молекул (в частности, воды) и различных функциональных групп — фрагментов собственной нарушенной структуры материала и химической (диссоциативной) адсорбции молекул (например, гидроксильных групп при хемосорбции атмосферной влаги). Для прогнозирования и анализа свойств твердого вещества необходимо исследование функционально-химического состава его поверхности, т.е. распределения заполняющих ее структурных элементов (атомов, ионов, функциональных групп) по химическому составу, а также энергетическим (кислотно-основным, донорно-акцепторным) характеристикам, определяемым не только химической природой, но и пространственным окружением (соседними атомами и ионами, выходом на поверхность различных кристаллографических плоскостей), оказывающим влияние на распределение электронной плотности и обусловливающим значительные различия свойств соответствующих структурных элементов даже при их идентичном химическом составе. Анализ таких различий, т.е. качественное дифференцирование и количественное определение одинаковых или близких по составу структурных элементов с различными энергетическими характеристиками (например, ОН-групп,

различающихся по кислотно-основным свойствам), является важной задачей при разработке таких материалов, как носители для различных функциональных слоев и иммобилизованных веществ, сорбенты, катализаторы и др., однако традиционные методы анализа, такие как ИК-спектроскопия, рентгенофотоэлектронная спектроскопии, адсорбция и термодесорбция газов, во многих случаях не обеспечивают достаточной селективности для ее решения.

Эффективным подходом к решению рассматриваемой проблемы в отношении нерастворимых твердых веществ является метод адсорбции кислотно-основных индикаторов, молекулы которых характеризуются наличием находящихся в равновесии кислотной и основной форм ($Hind \leftrightarrow Ind^- + H^+$) с определенным значением величины pK_a, соответствующей величине pH водной среды, при которой их концентрация в растворе одинакова, и селективно сорбирующихся на поверхностных центрах с данным значением pK_a, характеризующей кислотно-основные и донорно-акцепторные свойства поверхностных соединений. Спектрофотометрическое измерение изменения оптической плотности раствора индикатора (при длине волны, соответствующей максимуму поглощения одной из его форм) после контакта с навеской твердого вещества позволяет определять содержание центров с соответствующей величиной pK_a на поверхности исследуемого материала.

При проведении анализа необходимо исключить влияние на оптическую плотность раствора индикатора изменения pH раствора за счет взаимодействия воды с поверхностью исследуемого материала. Для этого параллельно с основным измерением определяют изменение оптической плотности раствора индикатора, декантированного после контакта с навеской материала. Использование широкого набора индикаторов с различными значениями pK_a (например, динитроанлилина (pK_a -4,4), кристаллического фиолетового (pK_a 0,8), метилового оранженвого (pK_a 3,5), метилового красного (pK_a 5,0), бромтимолового синего (pK_a 7,3), индигокармина (pK_a 12,8), этиленгликоля (pK_a 14,2)) позволяет получать распределение центров адсорбции по величине pK_a.

Данный метод, разработанный К.Танабе и модифицированный А.П. Нечипоренко [1, 2], эффективен для сравнительного анализа реакционной способности и прогнозирования активности близких по составу и/или структуре твердых соединений, а также изменений функционально-

химического состава поверхности под воздействием различных факторов (например, термообработки при различных температурах). В ряде случаев для дифференцирования гидратированных (бренстедовских) и апротонных (льюисовских) поверхностных групп (как правило, при наличии центров в пограничных областях со значениями $pK_a \sim 0$ или ~ 12–14) дополнительно исследуют кинетику изменения pH суспензии после погружения в воду навески исследуемого образца. Резкое изменение pH в кислотную или основ́ную сторону в течение первых 10–30 с после внесения навески свидетельствует о наличии быстро гидратирующихся апротонных льюисовских центров, а медленное плавное изменение pH — о присутствии бренстедовских центров (гидроксильных групп).

Кроме того, важным фактором является геометрическое (топологическое) распределение различных центров на поверхности, которое может быть равномерным (в случаях, когда формирование функциональной группы повышает или не изменяет энергию образования последующих аналогичных групп в ее окрестности) или «островковым» (для поверхностных соединений, в которых образовавшиеся функциональные группы приводят к снижению свободной энергии соседних центров адсорбции и формированию новых функциональных групп в их непосредственном окружении). Для изучения данного вида распределения поверхностных центров эффективен метод декорирования поверхности соединениями (в частности, солями серебра и золота), подвергающимся селективной хемосорбции на таких центрах с образованием кластеров, обеспечивающих достаточный контраст для последующего анализа методом электронной микроскопии.

Метод адсорбции кислотно-основных индикаторов успешно используется для анализа функционального состава и превращений на поверхности материалов при прогнозировании, регулировании и обеспечении эффективного и селективного протекания ряда гетерогенных процессов и межфазных взаимодействий, что находит практическое применение в разработке и усовершенствовании разнообразных функциональных материалов, включая носители для нанесения функциональных слоев, привитых и иммобилизованных соединений, катализаторы, сорбенты, композиты с особыми (в т.ч. диэлектрическими и вибропоглощающими) свойствами, люминофоры, газочувствительные сенсоры, капилляры для электрохроматографии, вяжущие, керамика и др.

Список литературы:

1. Нечипоренко А. П. Способ определения кислотности поверхности твердых веществ / А. П. Нечипоренко, А. И. Кудряшова, С. И. Кольцов. — Бюл. № 8, 1988.
2. Нечипоренко А. П. Донорно-акцепторные свойства поверхности твердых оксидов и халькогенидов: дис.-я д-ра хим. наук. — СПб.: СПбГТИ, 1995.

Разработка программного комплекса автоматической генерации электронной документации для аналоговых IP-блоков в среде MAXWELL от компании SYNOPSYS

Кудрявцев В.А.

«Европиан Семикондактор Ассембли (Еврасем) Б.В.» в г. Санкт-Петербург

В условиях очень ограниченного «time-to-market», т.е. времени от появления идеи до момента представления продукта конечному потребителю, разработчик современной «Системы-на-кристалле» сталкивается с необходимостью иметь в своем распоряжении готовый набор стандартных решений, хорошо отработанных не только схемотехнически, но и технологически, что крайне важно для надежной воспроизводимости параметров конкретного устройства.

Аналоговые IP-блоки как раз предоставляют отработанные и всесторонне испытанные решения, которые позволяют разработчику сконцентрироваться на решении системных вопросов, а не терять время, разрабатывая множество отдельно взятых аналоговых функций, некоторые из которых требуют специальных знаний в определенной области схемотехники, опыта разработки таких устройств.

Однако эффективное использование стандартных аналоговых блоков невозможно без хорошо составленной и подробной документации. Периодические изменения, вносимые в используемые технологические процессы, которые связаны с его оптимизацией и усовершенствованием, создают необходимость перепроверки блоков, а значит, и повторное оформление сопутствующей документации. Кроме того, происходит и постоянная разработка новых блоков или перенос уже существующих в одном технологическом процессе в другой с меньшими технологическими нормами. Все это заставило задуматься об автоматизации процесса создания документации для аналоговых стандартных блоков.

Проектирование стандартных аналоговых блоков можно разделить на следующие этапы:

- Выбор схемотехнического решения, наиболее подходящего поставленной задаче

- Расчет номиналов используемых компонентов.

Верификация характеристик устройства посредством численного моделирования в специальном программном пакете (Maxwell SAE в качестве графической оболочки и HSPICE в качестве программы выполняющей моделирование).

Результатом этих моделирований могут быть зависимости специфицированных параметров от каких-либо воздействий, (например, АЧХ и ФЧХ в случае операционного усилителя или температурная зависимость выходного напряжения в случае источника опорного напряжения) но и однократные измерения, сделанные при каких-то определенных значениях внешних воздействий (например, полоса пропускания для операционного усилителя или ток короткого замыкания в случае линейного регулятора напряжения).

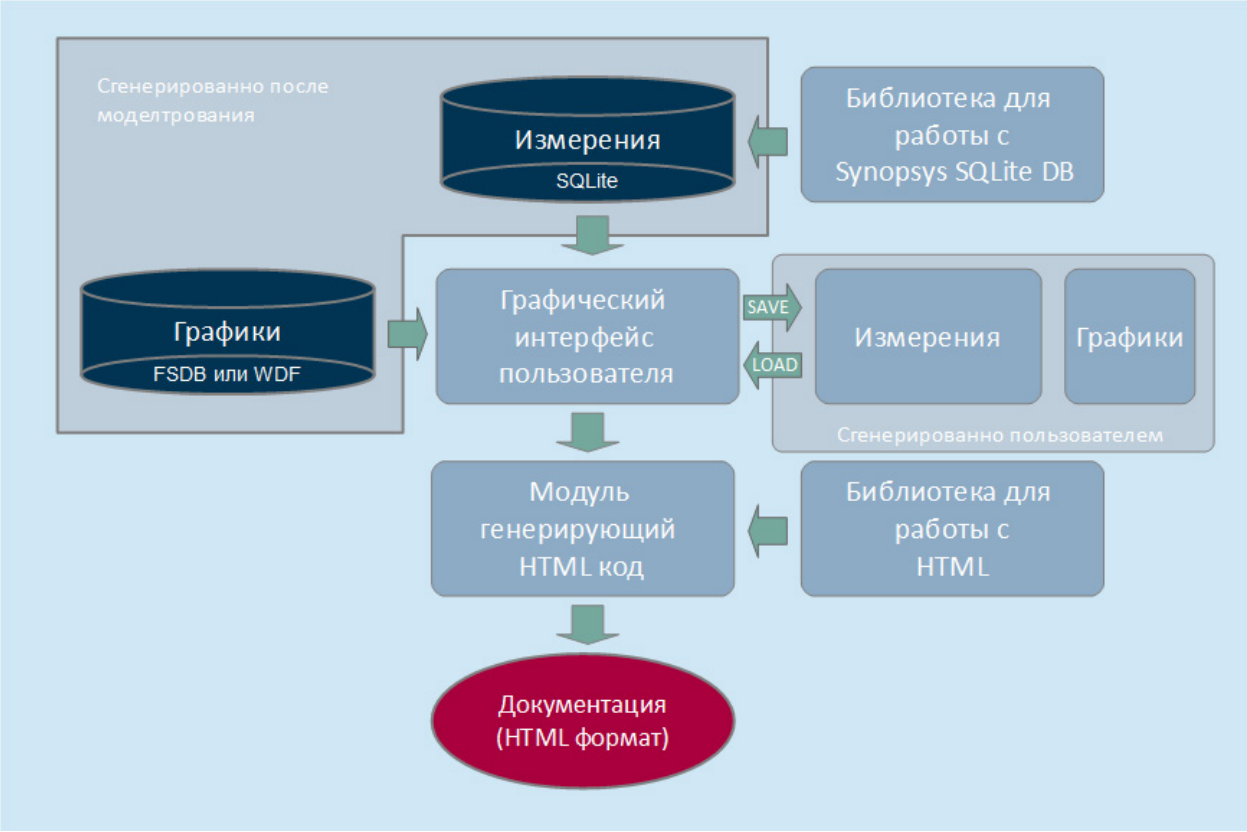


Рис. 1. Упрощенная блок-диаграмма генерации документа из результатов моделирования.

Итак, результаты моделирования бывают двух разных типов и для каждого из них предусмотрен собственный формат, в котором осуществляется его хранение. Так, измерения сохраняются в базу данных под управлением СУБД SQLite, а графики сохраняются в специальных базах данных разработаных специально для хранения больших обьемов данных и поддерживающих множественные обращения. Два этих формата являются входными данными для программы автоматической генерации документации. Следует отметить, что программый пакет Maxwell предоставляет широкий набор API для взаимодействия с внешними приложениями и позволяющий самому создавать встраиваемые в него приложения, однако они написаны на языке TCL который не столь популярен в современной IT-индустрии.

Рассмотрим основные составные части программы:

- Графический интерфейс пользователя.

- Библиотека, обеспечивающая работу с SQLite базами используемыми в Maxwell.

- Библиотека, позволяющая создавать HTML и CSS код.

- Модуль генерирующий HTML и CSS код на основе информации заданной пользователем и библиотеки работы с HTML и CSS.

Графический интерфейс предоставляет пользователю информацию о результатах моделирования доступных для использования в документации, а также дает возможность компоновать состав отчета в необходимом виде: задавать главы, давать названия таблицам и графикам, указывать размерность и количество значащих знаков после запятой, вставлять текстовые комментарии. Интерфейс позволяет сохранять созданный вариант отчета и все необходимые данные для него, которые потом могут быть загружены другим пользователем. Библиотеки для работы с базами данных были написаны для обеспечения удобной работы с SQLite, предоставляющей данные в удобном формате, в состав этой же библиотеки включены процедуры для работы с графическими базами данных. Модуль, генерирующий HTML-код, собирает всю информацию, заданную пользователем относительно состава будущего отчета, а затем с использованием собственной библиотеки генерирует отчет в HTML-формате.

Использование данного программного продукта позволяет уменьшить время необходимое для создания документации от двух до трех с полови-

ной раз, что весьма существенно при большом портфолио стандартных аналоговых блоков.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Применение технологии дополненной виртуальности при построении учебно-тренировочных средств

В.П.Бодриков, П.Н.Буренев, О.Р.Шипицин

ФГКВОУ ВПО Военная академия связи им. С.М.Буденного

Непрерывный процесс развития технических устройств и аппаратных комплексов увеличивает сложность выполняемых операций для их обслуживания и эксплуатации, что влечет за собой повышение требований к знаниям и навыкам рабочего персонала.

Существующий на сегодняшний день подход к обучению специалистов, работающих на сложном оборудовании, основан на традиционных методиках, использующих логическую последовательность связанных текстовых, графических и мультимедийных материалов.

В свою очередь сложность проведения обучения на реальных эксплуатируемых аппаратах обуславливается рисками возможных аварий или поломками дорогостоящего оборудования.

Перечисленные трудности подчеркивают актуальность задачи разработки и усовершенствования технических средств и тренажеров по подготовке специалистов.

Одним из возможных путей решения поставленной задачи повышения эффективности подготовки является внедрение комплексов учебно-тренировочных средств (КУТС) на основе технологии дополненной виртуальности, к которой относится виртуальное пространство, включающее в себя физические элементы, объекты или людей и предоставляющее возможность взаимодействия с виртуальным миром посредством видеокамер, камер с датчиками движения, системами распознавания образов и компьютерного зрения. На сегодняшний день ряд российских компаний ведет активную работу в сфере создания подобных систем подготовки кадров [1].

Комплекс учебно-тренировочных средств представляет собой совокупность информационно и технически взаимосвязанных программно-аппаратных средств обучения и тренажа для повышения эффективности

процесса подготовки, а также снижения финансово-экономических затрат на поддержание учебно-материальной базы.

Для повышения эффективности подготовки специалистов в разрабатываемых КУТС, помимо традиционных задач повышения наглядности, сознательности и активности, используются такие специфические приемы как: интерактивность, нелинейность информационных структур и потоков, потенциальная избыточность информации [2].

Поставленная задача решается путем создания КУТС, работа которого основана на воспроизведении виртуальных учебно-тренировочных сцен, представляющих собой набор 3D стерео панорам с размеченными «активными зонами», обеспечивающими интерактивность объектов на сцене и возможностью вызова различных справочных или обучающих материалов.

Для отображения виртуальных сцен предполагается использовать шлем-маску виртуальной реальности — устройство, создающее визуальный и звуковой эффект присутствия в виртуальном пространстве за счет эффекта стереоскопического параллакса. Такой подход не только обеспечивает повышенный уровень запоминания и стимулирует интерес к процессу обучения, но и позволяет получить первичные практические навыки работы с оборудованием.

Повышенный уровень интерактивности обеспечивается за счет использования контроллера захвата движений, который представляет собой миниатюрное USB-устройство с инфракрасными датчиками. Это устройство улавливает движение рук, что позволяет обучаемому напрямую взаимодействовать с виртуальными объектами.

На основании изложенного можно сделать вывод о том, что КУТС обеспечивает реализацию всего цикла подготовки специалистов, при этом использование технологии дополненной виртуальности позволяет не только сократить время подготовки, но и повысить качество усвоения материала за счет глубокого погружения в процесс обучения, а также значительно экономит соответствующие ресурсы реальных образцов техники.

Список литературы:

1. Лаврушин, А.В. Учебно-тренировочные средства в обучении военнослужащих / А.В.Лаврушин, М.А.Филиппов // Наука и современность. — 2014. — №27. — С. 158-162.
2. Исследование эффективности тренажера для подготовки экипажа БМД-2 в войсковых условиях и разработка рекомендаций по совершенствованию его конструкции и повышению дидактических возможностей // РВВДКУ. Шифр «Эксперимент» — Рязань, 2013. — 325 с.

Оптимизация итеративных алгоритмов обработки графов на модели MAPREDUCE

В.К. Варанкин

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

Итеративные алгоритмы представляют собой важный класс задач, применяемых во многих областях человеческой деятельности: веб-поиск (PageRank), анализ социальных сетей (Connected Components, Dijkstra's Algorithm), медицина (K-Means) и многих других. Рост количества данных, требующих обработки, в этих областях привел к необходимости построения распределенных систем исполнения итеративных алгоритмов. Наиболее известными из таких систем являются системы MapReduce, Apache Hadoop, Apache Spark.

Многие итеративные алгоритмы обработки графов обладают так называемыми слабыми вычислительными зависимостями [1]. То есть, изменение состояния одной вершины непосредственно затрагивает только вершины, соседние с ней. Это означает, что при обработке таких графов в каждой следующей итерации можно обрабатывать не все множество данных, а только вершины, соседние с теми, что изменились на предыдущей.

На данный момент использование данной особенности в промышленных системах обработки данных, таких как Apache Hadoop, является проблематичным [2]. В данном докладе представлена модель итеративного процесса, учитывающая описанную особенность алгоритмов обработки графов.

В качестве демонстрации потенциала выборочной обработки данных рассмотрим пример исполнения алгоритма соединенных компонентов на графе «Взаимного голосования пользователей Википедии» [3].

Граф представляет собой совокупность направленных дуг из вершины A в B, означающих, что пользователь A проголосовал за пользователя B. Количество вершин в графе — 7115, количество дуг — 103689.

В результате работы реализованного алгоритма получаем 2 графика, демонстрирующих зависимость числа обработанных вершин от номера итерации:

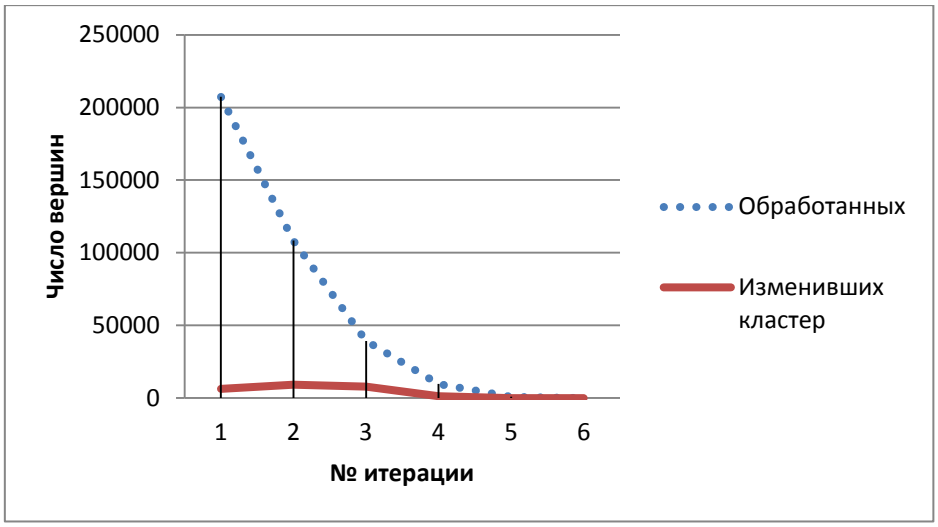


Рис. 2. Графики зависимости числа обработанных вершин от номера итерации.

Предложенная модель, за счет выборочной обработки, позволяет снизить объем данных, необходимых для вычисления алгоритма. В распределенной среде снижение количества обрабатываемых данных ведет также и к снижению количества передаваемых данных по сети, которая является наиболее узким местом в распределенных системах обработки данных [4].

Список литературы:

1. Y. Low, J. Gonzalez, A. Kyrola, D. Bickson, C. Guestrin, and J. M. Hellerstein. GraphLab: A new framework for parallel machine learning. In UAI, pp. 340-349, 2010
2. Митяков А. В., Татаринов Ю. С. Подходы к эффективному исполнению итеративных алгоритмов на модели MapReduce. // Известия ЛЭТИ, Вып. 2, 2014. с. 30-41.
3. SNAP: Network datasets: Wikipedia vote network. http://snap.stanford.edu/data/wiki-Vote.html
4. Митяков А. В., Татаринов Ю. С. Подход к ускорению итеративных алгоритмов на модели MapReduce // Известия ЛЭТИ, Вып. 8, 2014. с. 27-31.

Аспектно-ориентированный рефакторинг N2CMS при помощи Aspect.NET

Н.В. Волков, Д.А. Григорьев

Санкт-Петербургский Государственный Университет

В программировании зачастую необходимым является разделение проекта на отдельные модули. Однако при этом некоторые виды функциональности не могут быть сосредоточены только в одном модуле. Примерами являются вопросы безопасности (организация доступа, прав пользова-

телей и защита данных), обеспечения многопоточности, надежности (выполнение пред- и постусловий в модулях, обработка ошибок) и другие. Подобный код называется «сквозной функциональностью». Для ее реализации изменения приходится вносить в большое количество участков исходного кода. В таких случаях следует применить аспектно-ориентированный подход (АОП), который позволяет выделять сквозную функциональность в единственный модуль (аспект).

Рефакторингом называют изменение написанного ранее кода, не влияющее на его поведение, направленное на улучшение структуры кода. АОП-рефакторинг [1] предполагает ряд аспектно-ориентированных преобразований, направленных на выделение из целевого кода сквозной функциональности в аспекты. Для реализации АОП-рефакторинга на платформе .NET был создан мощный АОП-инструмент Aspect.NET [2]. С помощью Aspect.NET можно определять аспекты в отдельных библиотеках классов, а затем вплетать вызовы их методов в заданные места целевой сборки. Реализация аспекта в Aspect.NET осуществляется статическими методами, которые затем будут вставлены в заданные точки внедрения в сборке проекта, либо аспектным наследником, заменяющим своего родителя в целевом проекте.

На примере open-source проекта n2cms [3], в рамках данной работы произведены следующие рефакторинги:

1. Извлечение методов, выполняющих функционально схожую работу. Приведен аспект, обновляющий записанные значения в базе данных.
2. Перенос обработки исключений в два аспекта, реализующих чтение событий из журнала и обработку изменения местоположения файла.
3. В отдельный аспект вынесены методы, отвечающие за протоколирование вызова определенного метода.

Ниже приведен пример выделения в аспект функциональности протоколирования при удалении элементов:

```
public class aN2CMSClass {
…
protected virtual void OnItemDeleting(ContentItem item) {
//Здесь раньше было протоколирование
//Прочая бизнес-логика…
}
}
//Аспект содержится в отдельном проекте
```

```
[ReplaceBaseClass]
public class LoggingAspect {
protected override void OnItemDeleting(ContentItem item) {
IPrincipal user = _webContext.User;
if (!_security.IsAuthorized(item, user)) {
logger.InfoFormat(«OnItemDeleting: User {0} not authorized for {1}.»,
_webContext.User, item);
throw new PermissionDeniedException(item, user);
}
base. OnItemDeleting(ContentItem item);//Переадресация вызова к бизнес-логике
}
}
```

Оценка полученных результатов проводилась при помощи метрик Maintainability Index, содержащихся в Visual Studio и показывающих качество кода. В каждом из случаев были получены положительные результаты, например, индекс качества целевого класса для записи в базу данных улучшился на 20%, а индексы других рефакторингов — более чем на 10%.

Список литературы:

1. Григорьева А.В. Аспектно-ориентированный рефакторинг облачных приложений MS Azure с помощью системы Aspect.NET // Компьютерные инструменты в образовании // СПб. Изд-во АНО «КИО». 2012. № 1. — 21 с.
2. Григорьев Д.А. Реализация и практическое применение аспектно-ориентированной среды программирования для Microsoft .NET // Научно-технические ведомости // СПб. Изд-во СПбГПУ. — 2009.
3. Сайт проекта N2CMS // http://n2cms.com //Проверено 22.02.2016

Приватность как неотъемлемая привилегия человека информационного общества

Д.С. Галичев, В.Д. Ованесов

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

Всеобщее проникновение Интернета в нашу жизнь принесло результат: государственные органы, ранее слабо обращавшие внимание на глобальную сеть, теперь хотят всё больше и больше власти над коммуникациями, онлайн платежами, и даже информацией, которую хранят обычные граждане, они не хотят упускать ни бита информации, прикрываясь лозунгами о борьбе с объективным злом, хотя это зло существует ровно столько же, сколько и вся человеческая цивилизация. Развитие компьютерных тех-

нологий сделало шифрование информации доступным каждому — криптовалюты позволяют оплачивать покупки анонимно, множество мессенджеров с «оконченным шифрованием» позволяют вести переговоры с кем угодно, не боясь быть скомпрометированным, а почти любой электронный гаджет может быть настроен на принудительное шифрование своего содержимого. Казалось бы, научное сообщество предоставило все то, о чем мечтали люди, писавшие Основные законы разных стран. Взять хотя бы нашу Конституцию, в которой статья 23 прямым образом правозглашает право на неприкосновенность частной жизни, личной тайны и любых видов переговоров. А кто защитит наше неотъемлемое право, если не мы сами? И криптография, которую в последнее время называют социальной проблемой, здесь нам приходиться как нельзя кстати.

Желание пользователей сети уйти от надзора легко понять и это абсолютно не значит, что большинству из желающих спрятаться есть что скрывать. Этому есть простое объяснение: нас и так контролируют везде и всюду — камеры слежения в общественных местах записывают нас 24 часа и 7 дней в неделю, наличные деньги повсеместно меняются на безналичные, привязанные к определенному счету конкретного лица, все меньше и меньше сделок можно провести без подтверждения своей личности, нас досматривают в аэропортах / вокзалах / метро, при входе на спортивные состязания / концерты. И пользователи смирились с этим, Интернет оставался единственным местом, где люди могли спрятаться от досмотра и оставаться одним из миллионов обезличенных пользователей, скрывающихся под каким-либо ником. Пользователи Интернета просто не хотят сдавать свой последний островок свободы. А индустрия почувствовала спрос и мы уже наблюдаем шквал анонимно-удобных проектов.

Визуальный конструктор меню для консольных приложений в C++

Галушко Е.А.

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

Интенсивное внедрение информационных систем во все сферы жизни человека влечет за собой проблему взаимодействия пользователя с программным продуктом. С развитием IT-технологий все более сложные задачи ставятся перед специалистами данной сферы, соответственно, решения становятся объемнее и труднее для восприятия. Что делает проблему «об-

щения» с пользователем более острой. В современном мире программное обеспечение обязано быть понятным и простым, пользователь не должен тратить время и силы, чтобы разобраться, как его использовать. Одним из решений данной проблемы служит создание пользовательского интерфейса. Разработчики программного обеспечения с момента зарождения идеи своего продукта уже должны представлять, как именно будет осуществляться «общение» с целевой аудиторией.

Начиная с первых дней обучения, будущие программисты уже сталкиваются с проблемой взаимодействия преподавателя с учебными проектами. Зачастую первые работы студентов — консольные приложения, пользовательский интерфейс которых очень тяжело разработать начинающему программисту, но, тем не менее, создание средств интуитивно понятного управления необходимо.

Целью данной работы является разработка визуального конструктора меню для консольных приложений при использовании в учебном процессе.

Главная задача состоит в обучении студентов в контексте рассматриваемого вопроса, а также демонстрации возможностей программирования консольных приложений.

Во-первых, грамотно разработанный с помощью конструктора интерфейс приложения позволит преподавателям ускорить процесс проверки работ студентов, следовательно, положительно скажется на обучении в целом.

Во-вторых, продемонстрирует студентам возможности программирования.

В-третьих, позволит студентам, как можно раньше погрузиться в процесс разработки программного обеспечения.

В-четвертых, продемонстрирует одно из возможных средств «общения» с пользователем.

В-пятых, повысит интерес к выполняемым работам.

Основные навыки решения проблемы взаимодействия пользователя с программным обеспечением следует приобрести как можно раньше. Данная работа позволит студентам получить опыт разработки интерфейса и в дальнейшем тратить меньше времени на его создание.

В результате решения задачи разработано приложение, позволяющее конструировать меню различной сложности для консольных приложений. Реализован основной необходимый функционал, в дальнейшем планируется расширить возможности графического представления меню.

Маршрут разработки аппаратно-программной системы на базе CYCLONE V под управлением LUNIX

К.Д. Данилов

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

В настоящее время всё большее распространение получают SoPC — программируемые системы на кристалле (англ. «System on programmable chip»). Подобные системы можно встретить в модельном ряде ведущих мировых производителей, например, «Cyclone V» у «Altera», «Zynq-7000» у «Xilinx». Их особенность — это размещение процессора, дополняющих его различных аппаратных контроллеров, а также элементов программируемой логики на одном кристалле.

Такой подход позволяет с одной стороны использовать преимущества программируемой логики, такие как производительность, гибкость и низкое энергопотребление в зависимости от решаемой задачи [1]. С другой стороны, задачи, не реализуемые или реализуемые неэффективно с использованием ПЛИС, по-прежнему решаются с использованием традиционных компонентов — процессоров и контроллеров.

В данной работе анализируется использование представителя данного класса систем — «Altera Cyclone V» в составе отладочной платы «Terasic SoCKit».

Аппаратная процессорная система ARM «Cortex-A9», встроенная в «Cyclone V», позволяет использовать операционные системы на базе ядра «Linux». Благодаря этому появляются возможности как для разработки сложных встраиваемых систем (требующих наличия ОС), так и программно-аппаратных систем, ориентированных на задачи обработки информации, а также их комбинации. В ходе изучения маршрута проектирования были выполнены две практические задачи: разработка и интеграция блока вывода данных на 3 семисегментных индикатора с мультиплексированием, а также сборка дистрибутива «Linux» с «Altera» OpenCL RTE.

Начало разработки традиционно [2] включает в себя создание системы в САПР «Quartus», в том числе в «Qsys». Для облегчения работы обычно используют «Golden Hardware Reference Designs» (GHRD) [3]. На этом этапе в систему могут быть добавлены различные компоненты, например, IP-ядра. Именно на этом этапе был создан блок вывода данных на семисег-

ментый индикатор. Блок представляет собой IP-ядро, включающее в себя код устройства на языке VHDL. Ядро взаимодействует с остальной системой через шину «Avalon MM2. Стоит отметить, что при разработке систем, в которых планируется использование «OpenCL SDK» от «Altera», на данном этапе описываются лишь базовые компоненты, необходимые для правильной дальнейшей сборки программных компонентов (таких как «Linux Device Tree» и загрузчик). Описание систем с использованием «OpenCL SDK» в «Qsys» сильно отличается и заслуживает отдельного рассмотрения [4]. Результатом данного этапа является конфигурационный файл для ПЛИС, а также набор файлов, необходимый для генерации программных компонентов.

Далее необходимо подготовить программную составляющую. Производитель предоставляет готовые образы карты памяти, которые могут быть использованы в случае, если не предъявляются особые требования к ОС. Тогда необходимо лишь сгенерировать новое «Linux Device Tree» под аппаратную конфигурацию, полученную на предыдущем этапе и произвести необходимые изменения в уже сконфигурированной ОС.

Однако, если необходимы дополнительные инструменты или утилиты или предъявляются особые требования к конфигурации ядра «Linux», необходимо выполнить процесс сборки системы. В ходе данной работы это было необходимо для включения в дистрибутив системы инструментов сборки и управления пакетами совместно с конфигурацией ядра, совместимой с «Altera OpenCL RTE».

Существует несколько вариантов сборки системы [5]. В данной работе использовалась система «Yocto», поскольку она достаточно проста в использовании и позволяет легко добавлять готовые пакеты в состав дистрибутива. С её использованием была собрана система с инструментами сборки и менеджером пакетов, а также с «Altera OpenCL RTE». Также были установлены дополнительные компоненты (SnuCL, OpenMPI) для последующего изучения возможностей такой связки.

Таким образом, в рамках работы были пройдены маршруты разработки аппаратно-программной системы под управлением «Linux». Разработанная система с компонентом вывода на семисегментные индикаторы легла в основу лабораторной работы в подготавливаемых методических указаниях, а система с «OpenCL RTE» будет использована для дальнейших исследований.

Список литературы:

1. Макмуров И. Выбор между микропроцессором и FPGA// Электронные компоненты. — 2011. № 4.— С. 85-87.
2. Вистровский А. Базовый маршрут разработки ПЛИС Altera Cyclone V SOC FPGA с аппаратной процессорной системой ARM Cortex-A9 на примере стартового отладочного комплекта SoCrates и референсного дизайна EBV Elektronik. // Компоненты и технологии. — 2014. № 4. — С. 121-126.
3. Altera SoC Embedded Design Suite User Guide — San Jose: Altera, 2016. — Режим доступа: http://altera.com
4. Altera SDK for OpenCL Custom Platform Toolkit User Guide — San Jose: Altera, 2016. — Режим доступа: http://altera.com
5. Compiling Linux — Arrow SoCKit edition — Rocketboards.org, 2015. — Режим доступа: http://rocketboards.org/

Машинное обучение на практике

С.В. Данилов

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

С развитием вычислительной мощности машин удалось решить большое количество математических задач, что привело к созданию сервисов, без которых современный человек не представляет свою жизнь. Рекомендательные системы, поисковые машины, всевозможные анализаторы, аудио и видео сервисы — это малый список того, где человек сталкивается с умными машинами в повседневной жизни. Кластеризация пользователей социальной сети по литературным предпочтениям, классификация и распознавание объектов на изображении, медицинская диагностика, прогнозирование погоды или пробок на дороге. До недавнего времени всё это было доступно лишь крупным компаниям, обладающим большим количеством вычислительных машин и огромным объёмом данных для обучения. Однако, с ростом интереса к машинному обучению, opensource-сообщество, при участии таких компаний как Google и Microsoft, создало набор инструментов для решения задач машинного обучения, не требующих полного понимания их работы и с возможностью использования их в виде чёрного ящика. В работе рассмотрены такие библиотеки как scikit-learn, TensorFlow и Hadoop.

Также недавно начали появляться PaaS-сервисы для машинного обучения, которые не требуют знаний в области программирования и математики в принципе. Примеры таких сервисов: Microsoft Azure Machine Learning и Yandex Data Factory. Они позволяют компаниям, не обладающим большими вычислительными мощностями или не имеющим специалистов в машинном обучении, использовать любое количество машин или делегировать решение задач экспертам. В работе рассмотрены примеры использования Microsoft Azure Machine Learning и Yandex Data Factory в конкурсах и бизнесе.

Обычно для решения задач машинного обучения необходимы большие выборки проаннотированных данных. Например, для сентимент-анализа отзывов пользователей некоего сервиса, необходимо иметь большое количество документов, для каждого из которых требуется представление в виде признаков и указание «правильного ответа», то есть тип тональности документа. В работе рассмотрены краудсорсинг-сервисы для аннотации документов, такие как Crowd Flower.

Существуют платформы для соревнований по машинному обучению. Самая известная из них — Kaggle. Университеты и компании размещают выборки и задачи (обычно это классификация или регрессия). В докладе представлены результаты участия в двух соревнованиях по машинному обучению: Beeline Big Data Challenge и Kaggle: San Francisco Crime Classification.

В результате исследования можно сделать вывод, что машинное обучение имеет значительные перспективы и будет применяться всё шире, благодаря уменьшению порога вхождения, проведению конкурсов, созданию SaaS/PaaS-сервисов и развитию open-source проектов, а также возрастающим требованиям заказчиков и пользователей.

Список литературы:

1. Вапник В. Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным. — М.: Наука, 1979. — 416 с.

2. Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. — Новосибирск: ИМ СО РАН, 1999. — 270 с.

Способы синхронизации клиентов в онлайн и сетевых играх реального времени

Э.В. Заборовский

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

Одновременно с развитием технологий происходило и развитие рынка игр. Начиная с двадцать первого века большую долю начинают занимать онлайн игры (требуется сеть подключение к сети) и сетевые игры (есть возможность игры по компьютерной сети).

При реализации любой игры, допускающей соединение клиентов через Интернет возникает проблема синхронизации игрового состояния у клиентов. У разных клиентов разная скорость передачи пакета к серверу и обратно, но не хотелось бы, чтобы клиент с хорошей скоростью доступа страдал из-за медленных клиентов.

Есть множество вариантов синхронизации игрового состояния, но можно выделить четыре основных способа: синхронный вариант, синхронный вариант с предсказанием, простой синхронный вариант, асинхронная синхронизация. У каждого из них есть как преимущества, так и недостатки.

Я рассмотрю все из них с примерами в рамках данной работы.

Но сначала необходимо определить понятие времени в рамках работы, я буду оперировать реальным и игровым временем.

Прежде чем приступить к определению варианта синхронизации, нужно определиться с используемым протоколом. Существует два варианта: UDP и TCP. Выбор типа сокетов полностью зависит от жанра игры, которую разрабатываете. TCP — это протокол, использующий принцип надежного соединения. Используя UDP, мы можем отослать пакет по определенному IP-адресу и порту, и он будет передаваться от компьютера к компьютеру, пока не достигнет цели (или не потеряется по пути).

Проблема с использованием TCP в сетевых играх заключается в том, что, в отличие от браузеров, электронной почты и прочих приложений, игры завязаны на взаимодействии в реальном времени. Для многих аспектов игры, например, нажатых пользователем клавиш и положения игроков в игре, неважно, что происходило секунду назад, а важно только наиболее актуальное состояние игрового мира.

Синхронный вариант — это простейшая схема: в один и тот же момент реального времени игровое на разных клиентах совпадает. Клиенты ожидают ответ от сервера, чтобы сэмулировать действия на основании этого времени.

Синхронный вариант с предсказанием — клиент начинает действие, не дожидаясь ответа от сервера, а лишь на основании имеющихся данных. Другие хосты пытаются сэмулировать его действия на основании данных полученных от сервера.

Простой синхронный вариант — все действия изначально порождаются на сервере и запросы от клиента к серверу не содержат информации об игровом времени.

Синхронный вариант с перестраховкой — все действия включают задержку равную задержку до самого «удалённого» клиента.

Асинхронная синхронизация — ядром такого типа синхронизации является тезис о том, что игровое время в один и тот же момент реального времени на разных хостах разное. При этом сервер всегда впереди, а клиенты отстают от него на время доставки к ним пакета от сервера.

Данная работа позволяет понять основные разработки клиент-серверных приложений реального времени.

Список литературы:

1. Бартл Р. А. [Bartle R. A.] Designing Virtual Worlds. — San Francisco: New Riders, 2003. — 740 с.
2. Непомнящих Е. Синхронизация клиентов онлайн игр в реальном времени [Электронный ресурс] // Супер-пупер школа программирования. 2010. 7 февраля. URL: http://enepomnyaschih.livejournal.com/1610.html (дата обращения: 21.02.2016).
3. Фролов А. Архитектура сервера онлайн-игры на примере Skyforge [Электронный ресурс] // Блог компании Mail.Ru Group. 2014. 23 апреля. URL: https://habrahabr.ru/company/mailru/blog/220359 (дата обращения: 21.02.2016).
4. Васильев Б. Сетевое программирование для разработчиков игр [Электронный ресурс] // @bvasilyev. 2014. 15 января. URL: https://habrahabr.ru/post /209144 (дата обращения: 21.02.2016).

Контроллер шагового двигателя роторного планшетного фотометра

Н.С. Зубков

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

В современных оптических анализаторах используется принцип поступательного движения планшета — носителя анализируемых проб. Они имеют трудности, связанные с точностью позиционирования планшета. Для их устранения в основу конструкции и алгоритма работы разрабатываемого анализатора положено техническое решение параллельного роторного считывания иммунобиометрической информации с планшета (Пат. РФ № 2362144). Для позиционирования планшета, расположенного на платформе, относительно датчиков используется шаговый двигатель, посредством ременной передачи передающий вращающий момент платформе. Цель работы состояла в создании цифрового контроллера шагового двигателя (ШД) роторного планшетного фотометра.

Контроллер должен принимать три управляющих сигнала. Сигнал СБРОС останавливает ШД, если он находится в движении, и выполняет инициализацию компонентов схемы. По сигналу НАЧПОЛ платформа устанавливается в начальное положение. Сигнал ПОШАГАМ запускает режим, в котором ШД движется по заранее определенным отрезкам, на которые разбита окружность платформы. После каждого пройденного отрезка ШД останавливается для проведения необходимых измерений. По окончании движения платформа устанавливается в начальное положение.

Выходными сигналами схемы должны быть сигналы об ошибках: 1) неправильность установки платформы в начальное положение; 2) остановка платформы в отличном от начального положения месте после движения «по шагам»; а также сигнал об успешном завершении движения в режиме «по шагам».

В приводе используется ЩД FL42STH47-0406A и устройство управления ШД. Последнее определило набор сигналов для управления — STEP и DIR, т.е. ШАГ и НАПРАВЛЕНИЕ.

Для рабочего режима ШД необходимо было определить частоту подаваемых на него импульсов. Для этого была разработана схема перебора

подаваемой на двигатель частоты. Следующим шагом являлась разработка схемы установки платформы в начальное положение. Попутно решалась задача определения числа импульсов, подаваемых на шаговый двигатель, для поворота платформы на 360°. Затем эта схема дорабатывалась таким образом, чтобы обеспечить режим движения «по шагам», т.е. по заранее определенным отрезкам. В ходе тестирования и отладки схемы был обнаружен один из недостатков привода платформы — платформа поворачивается на заданные углы с небольшой погрешностью.

Для разработки схемы устройства использовалась САПР Quartus II. В ходе работы было сделано несколько проектов. Макетные испытания проводились с использованием платы DE0 фирмы Terasic с установленной на ней ПЛИС Cyclone III, а также платформы и привода платформы.

В качестве примера приведу один из проектов — «freq_mes2», позволяющий определить рабочую частоту шагового двигателя. Структурная диаграмма проекта представлена на рисунке.

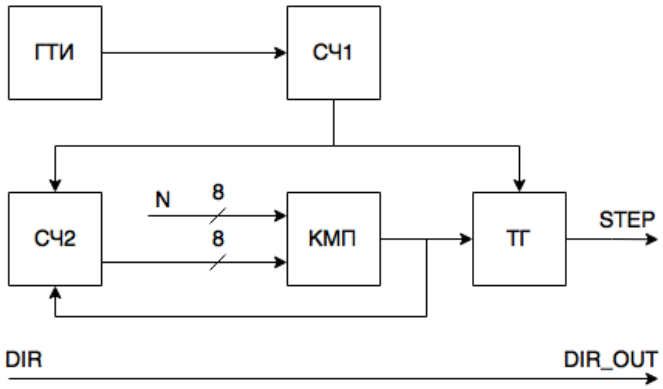


Рис. 1. Структурная диаграмма проекта «freq_mes2»

Зависимость частоты, подаваемой на двигатель от числа N определяется формулой $f = \frac{f_г/2^9}{2(N+1)}$, где $f_г$ – частота ГТИ, 2^9 — настолько делит её первый счетчик (СЧ1), N — это число, задаваемое в двоичном коде переключателями на макетной плате.

В результате разработано устройство управления ШД. Устройство обеспечивает установку двигателя в начальное положение, однако, по причине неверной подачи частоты на шаговый двигатель, в режиме движения по отрезкам есть проблемы. Оценен объем проекта: устройство умещается в CPLD семейства MAX3000. Подготовлены техническое задание и исходные материалы для разработки печатной платы.

Модельное проектирование цифровых электронных блоков командных приборов

Н.Г.Иванова, В.А.Караманов

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

При разработке цифровых электронных блоков командных приборов (ЦЭБ КП) многие трудности возникают из-за использования физических прототипов и текстовых спецификаций. Документация часто сложна для понимания специалистами разных профилей, а использование физических прототипов экономически затратно и трудоемко. Выявление всех дефектов проектирования возможно только на последней стадии проверки прибора.

Для решения указанных проблем, возникающих в этой и многих других инженерных областях, ряд международных организаций разработал эффективный способ проектирования — модельное проектирование.

Цель работы: адаптировать методику модельного проектирования к разработке ЦЭБ КП. Для достижения цели были поставлены задачи: исследование подхода модельного проектирования, выбор маршрута проектирования, создание и тестирование методики модельного проектирования ЦЭБ КП.

Модельное проектирование позволяет уменьшить время разработки, стоимость проекта и повысить его качество. Одно из главных преимуществ этого подхода — объединение и решение задач в рамках одной среды разработки и использование единой модели разрабатываемой системы. Модельное проектирование имеет следующие черты:

- во-первых, полная системная модель представляется графически, а диаграмма состояния описывает ее функционирование.

- во-вторых, для оценки системы используются модели, а работа системы представлена при имитационном моделировании.

Алгоритм и оптимизируются и тестируются, представляя собой полностью проверенную спецификацию.

Реализация осуществляется с помощью безошибочной спецификации; используется автоматический синтез программного кода.

Для разработки ЦЭБ КП был выбран V-маршрут проектирования. Процесс разработки описывается сверху вниз по левой стороне, а по правой снизу вверх процесс тестирования. Каждый этап должен быть закон-

чен до начала следующего. Внутри модели есть связи, они показывают, как каждая из фаз разработки влияет на развитие системы тестирования.

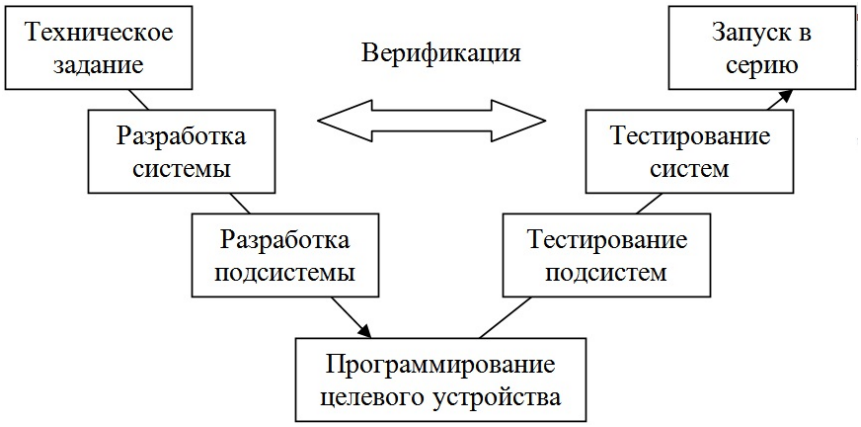


Рис. 1. V-модель проектирования

На первой стадии разработки в среде LabVIEW синтезируются виртуальные приборы, при этом описывается функционирование на верхних уровнях абстракции. На второй стадии создаются модули цифровых электронных блоков. После их создания автоматически синтезируется программный код.

Следующие этапы тестируют полученные модули на разных уровнях абстракции. Первые две — программное тестирование (Software-in-the-Loop), процессорное тестирование (Processor-in-the-Loop). На этом уровне сравниваются поведение программного обеспечения и модели. Последним этапом является программно-аппаратное тестирование (Hardware-in-the-Loop), при котором встраиваемая система подключается к разработке и тестируется в реальном времени. Эта методика позволяет безопасно и эффективно верифицировать ЦЭБ КП.

С помощью данной методики были разработаны компоненты ЦЭБ гиростабилизатора, входящего в комплекс КП.

В заключении отмечается, что были рассмотрены особенности модельного проектирования, выбран V-маршрут проектирования, было продемонстрировано применение данной методики на практической задаче.

Программная реализация параметрического эквалайзера

А.Г.Иванова, Н.Г.Иванова

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

Эквалайзер — программно-аппаратное средство для регулировки тембра аудиосигнала посредством изменения амплитуды его частотных составляющих. Существует два основных типа многополосных эквалайзеров: графический и параметрический.

В настоящее время наиболее распространены графические эквалайзеры. Основные преимущества графического эквалайзера: быстрое и удобное воздействие на спектр; изменение различных участков спектра в минус и плюс, производимое одновременно; наглядность графики, простота использования. Недостатки также известны: частоту, подвергающуюся воздействию, точно локализовать не удастся; уровень добротности на всех полосах также недоступен; АЧХ эквалайзера несимметрична, величина этой асимметрии пропорциональна частоте регулирования, и увеличивается с её увеличением.

Параметрический эквалайзер лишен многих из указанных выше недостатков. В нём для каждой полосы осуществляется независимая друг от друга установка всех параметров: центральной частоты, ширины полосы и величины подъема/завала АЧХ. При использовании параметрического эквалайзера можно точно подобрать и отрегулировать нужную частоту. Так же существуют цифровые параметрические эквалайзеры с практически неограниченным количеством регулируемых частотных полос. Нередко имеются дополнительные параметры полос, такие как: тип фильтра, характер кривой и т.д.

Актуальность исследования определяется потребностью в программных эквалайзерах, реализованных на основе технологии виртуальных инструментов, возникающей при проведении НИР «Разработка цифровых устройств высокоточного моделирования гитарных усилителей», проводимой в УНЦ «Технологии National Instruments» СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Цель исследования: синтез структуры параметрического эквалайзера с применением технологий виртуализации и средств NI LabVIEW. Главные

задачи: синтез структуры, теоретическое обоснование проекта, алгоритмическая реализация, программная тестирование.

Для программной реализации была выбрана среда графического программирования LabVIEW. Полностью графический интерфейс среды разработки является огромным преимуществом LabVIEW по сравнению с обычными текстовыми языками программирования. Наглядность создания программы приводит к хорошей читаемости кода и простоте его модификации. Встроенные слайдеры, т.е. специальные компоненты, управляющие различными частотными диапазонами звука, для реализации фильтров так же ускоряют работу, связанную с реализацией эквалайзера.

Изначально был создан графический звуковой эквалайзер для регулировки низких, средних тонов и высокие частоты звукового сигнала. В качестве интерфейсов ввода-вывода используются стандартные разъемы звуковой платы ПК. В разработанном приложении можно применять различные фильтры на определённых частотах. Результат таких изменений будет отражён на спектре сигналов. Лицевая панель прибора приведена на рис. 1.

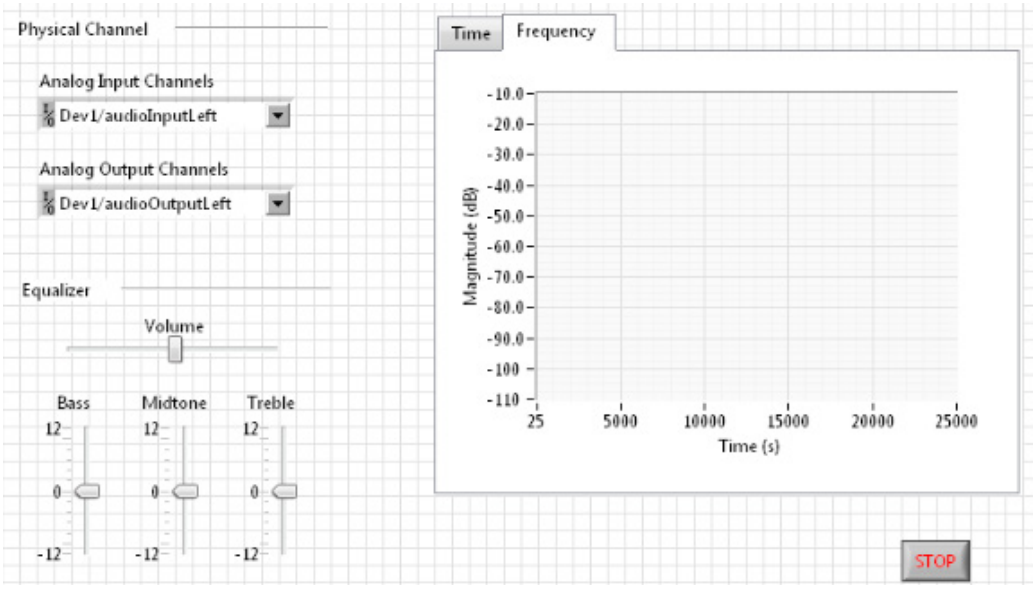


Рис.1. Лицевая панель графического эквалайзера.

На основе графического эквалайзера будет создан параметрический. Поставленная цель будет достигнута, если независимая установка параметров будет реализована для каждой полосы.

В заключение можно отметить, что в ходе работы была синтезирована структура цифрового параметрического эквалайзера. Так же была исследована теоретические аспекты цифровой обработки сигналов, связанная

с данным прибором. В ближайшее время будет создана программная реализация параметрического эквалайзера.

Роль сенсорных систем на основе лидаров в роботизированных системах

В.А. Караманов, А.Г. Иванова, А.В. Щетнев

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

Робототехника является передовым направлением научно-технического прогресса. При проектировании роботизированных систем возникает актуальный вопрос: «Как робот будет взаимодействовать с внешней средой?». Иными словами, как дать роботу возможность преобразовывать физические параметры окружающей реальности в сигналы? Этот вопрос решается путем установки сенсорных систем.

Сенсорная система — основная часть информационно-измерительной системы робота, назначение которой формировать и выдавать информацию об объектах в окружающей среде. Сенсорные системы проектируются на базе акустических систем, машинного зрения или лидаров.

В акустических системах в качестве активных элементов используют сонары — средства звукового обнаружения объектов с помощью акустического излучения. Основу сонара составляет передатчик, который посылает звуковые импульсы в требуемом направлении, и приемник, который принимает отражённые от объекта импульсы. По принципу действия сонары бывают пассивные, — определяют место положения объекта по звуковым сигналам, излучаемым самим объектом, и активные — используют отражённый или рассеянный объектом сигнал, излучаемый в его сторону сонаром.

Другим принципом работы сенсорных систем является т.н. «машинное зрение» — набор методов получения изображений объектов реального мира, их обработки и использования полученных данных, которые позволяют компьютерам «видеть». В спектр задач, решаемых системами машинного зрения, входит получение цифрового изображения, обработка изображения с целью выделения значимой информации на изображении и математический анализ полученных данных.

Все рассмотренные выше сенсорные технологии имеют свои недостатки. Проблемы акустических систем — многократное отражение сигна-

ла от поверхностей (эхо) и широкая диаграмма направленности. Машинное зрение при реализации в реальном времени требует много вычислительных ресурсов. Одним из альтернативных способов создания сенсорных систем является использование лидаров. Лидар — это технология получения и обработки информации об удаленных объектах с помощью активных оптических систем, которые используют явления отражения света и его рассеяния в прозрачных и полупрозрачных средах. Таким образом, лидар представляет собой активный дальномер оптического диапазона.

Общий принцип действия лидара таков: направленный луч источника излучения отражается от целей, возвращается к источнику и улавливается высокочувствительным приёмником. С помощью лидара возможно не только определять расстояние до непрозрачных четко различимых целей, но и фиксировать интенсивность рассеяния света, т.к. световые волны подвержены рассеянию в любых средах, в том числе в воздухе. К числу недостатков лидаров можно отнести их высокую стоимость.

Цель работы состоит в разработке системы управления сенсорной подсистемой в виде лидара, помещенного на подвижную платформу. Для управления сенсорной подсистемой и визуализации получаемой информации об окружающей среде будет использована технология виртуальных приборов. В среде разработки LabVIEW фирмы National Instruments на основе графического программирования спроектирован пользовательский интерфейс с управляющими элементами и индикаторами. Отображение сканируемого пространства реализовано в полярных координатах. Каждая точка в полярной системе координат определяется двумя параметрами: r — радиальная координата и φ — угловая координата. Координата r соответствует расстоянию до полюса, а координата φ равна углу в направлении против часовой стрелки от луча через 0°. Координате r в выбранной модели присваивается значение расстояния, полученного от дальномера, а координате φ — позиция электродвигателя. Для преобразования полученных от дальномера данных в цифровой формат и дальнейшей обработки на компьютере используется система сбора данных DAQ. В LabVIEW существует библиотека компонентов и виртуальных приборов для работы с такими устройствами — NI DAQmx.

В ходе работы было установлено, что оптимальным выбором сенсорной системы для мобильного робота является лидар, установленный на подвижную платформу. Далее, в перспективе установка подвижной плат-

формы на шагающего робота, что позволит ему ориентироваться в окружающей среде, а платформа с дальномером получит больше степеней свободы.

Использование примесей в языке C#

Д.Н. Комаров

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

При разработке больших программных продуктов необходимо помнить, что продукт необходимо будет поддерживать, а много одинакового кода в разных классах затрудняет быстрое и точное его изменение.

Например, в разрабатываемом продукте могут встречаться подобные ситуации (рис. 1).

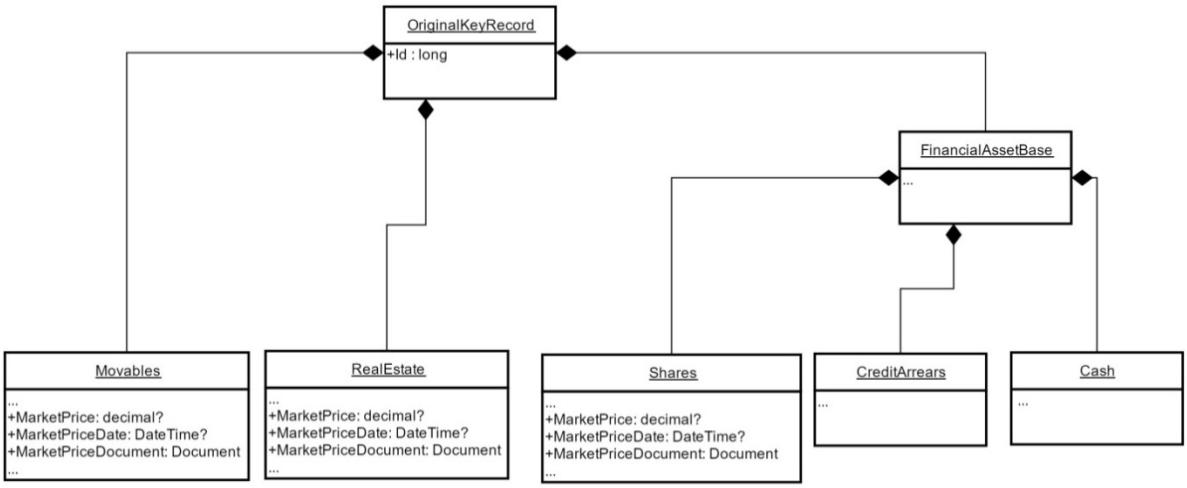


Рис. 1. Иерархия наследования классов, с отображением только одинаковых свойств

Даже несмотря на то, что все классы имеют одного общего предка, ему нельзя добавить все свойства рыночной стоимости, принадлежащие трем классам, так как они не должны появиться в двух других. Эти свойства было бы неплохо вынести в отдельный класс и наследоваться от него, но язык C# не поддерживает множественное наследование. Данная проблема решается с помощью примесей.

Примесь — элемент языка программирования (обычно класс или модуль), реализующий какое-либо четкое поведение, используется для уточнения поведения других классов, не предназначен для порождения само-

стоятельно используемых объектов. Иными словами, это фрагмент кода, который можно вставлять несколько раз.

Используя примеси, появляется возможность повторного использования текстов программ, не прибегая к множественному наследованию.

Существуют следующие реализации примесей в языке C#:

1. Внести изменения после компиляции в MSIL (Microsoft Intermediate Language). Например с использованием фреймворка PostSharp или Fody.
2. Внести изменения в исходный код программы.

Поскольку при разработке гораздо удобнее видеть результат сразу, интерес представляет второй вариант.

Текстовые шаблоны T4, разделяемые классы, и пространство имен EnvDTE, дающее доступ к COM-библиотеке, содержащей объекты и члены для основной автоматизации Visual Studio, дают возможность генерировать большой объем кода автоматически для решения задачи реализации примесей в языке C# новым способом.

В результате работы было получено частное решение данной проблемы (рис.1), а также разработано общее решение реализации примесей.

Список литературы:

1. Code Generation and T4 Text Templates. URL: https://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb126445.aspx (дата обращения: 18.02.2016).
2. EnvDTE Namespace. URL: https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ envdte.aspx (дата обращения: 18.02.2016).
3. Partial Classes and Methods (C# Programming Guide). URL: https://msdn.microsoft.com/en-us/library/wa80x488.aspx (дата обращения: 18.02.2016).

Автоматизированное проектирование и аддитивное изготовление индивидуальных компонентов в ортопедии

И.С. Корсаков, Р.В. Львов, Н.В. Щукин

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

В последнее время в связи с урбанизацией, экологическими проблемами и общим старением населения во всем мире наблюдается неуклонный рост числа заболеваний органов опорно-двигательной системы, в том числе заболеваний крупных суставов (тазобедренного, коленного, плечево-

го) и позвоночника. Одним из способов лечения этой патологии являются операции эндопротезирования — замена поврежденного сустава на искусственный. Вследствие значительного роста операций первичного эндопротезирования неуклонно растет количество выполняемых ревизионных вмешательств. Врачи вынуждены подбирать пациенту подходящий типоразмер эндопротеза и крепежных изделий из 6-8 доступных по размеру, которые выпускаются серийно [1]. Использование стандартных эндопротезов приводит к нарушению кинематики работы сустава при ходьбе и вызывает разрушение костной ткани. Поэтому проектирование и изготовление эндопротезов для каждого конкретного пациента с учетом анатомических изменений костей служит альтернативой традиционным методикам эндопротезирования. Данное направление получило развитие в единичных центрах мира и не имеет аналогов в РФ.

В докладе представлена технология проектирования и аддитивного изготовления индивидуальных компонентов [2, 3], приведена характеристика зарубежных биомеханических программных комплексов (БПК) и даны рекомендации по проектированию индивидуальных компонентов с использованием отечественной САПР ВСІ «Bone-Component-Implant».

Применение машиностроительных БПК AnyBody, Any2Ans, Mimics [4, 5, 6] в медицинской практике сводится к общим сервисным комментариям для отдельных частных ортопедических задач. Их практическое использование ограничено в силу ряда причин: отсутствие полного цикла; не выполняют совместно операцию «очистки» от посторонних материалов (биоцемента, имплантированных ранее конструкций, фоновых изображений тканей, сухожилий) и операцию включения 3D скрепов как условие изготовления на 3D-принтере модели, отображающей разделённые части сложного объекта; вследствие стоимости недоступны для учебных заведений и бюджетных клиник.

Программа, программный комплекс	**Преимущества**	**Недостатки**
AnyBody, Unigraphics, CATIA, FEBio	Предназначены для расчета задач механики деформируемого твёрдого тела, расчёта электромагнитных полей. Для решения инженерных задач с объектами, такими как балки, валы, оболочки и сложные сборки этих элементов	- сложный интерфейс - нет механизма автоматизированной обработки томографии - нет механизма обработки томограмм по срезам в интерактивном или автоматическом режиме

3D Slicer	- бесплатный - наличие функций обработки изображений - функция 3D-визуализации - библиотека для разработки	- ограниченные функции - сложный интерфейс - нет возможности отделения костной ткани от биоцемента - требуется мощная ЭВМ - нет механизма обработки томограмм по срезам в интерактивном или автоматическом режиме
Mimics	- функция 3D-визуализации - редактор для 3D-объекта - функции анализа FEA и 3D-модели	- коммерческая - нет возможности подключения дополнительных библиотек и модулей, учитывающих специфику задачи - нет возможности отделения костной ткани от биоцемента - нет механизма обработки томограмм по срезам в интерактивном или автоматическом режиме

Технология в виде аппаратно-программного комплекса (АПК) исходит из применения отечественной биомеханической САПР BCI, анализа данных компьютерной томографии (КТ) пациента, предусматривает построение 3D-модели тазобедренного сустава (ТБС) и отличается тем, что:

Исходная томограмма пациента импортируется в компьютерную 3D-модель сустава.

Производится компьютерное построение иерархии 3D-моделей суставов, обеспечивающее очистку костной основы от фоновых изображений тканей, сухожилий, сосудов, остатков цемента и т. д.

Автоматически на 3D-принтере изготавливается с помощью управляющей программы в формате используемого 3D-принтера физический прототип сустава пациента в натуральном масштабе.

Изготавливается анатомически адаптированная «мягкая» модель ИК, учитывающая индивидуальные особенности, геометрию формы, размеры и дефекты костей конкретного пациента.

Выполняется построение 3D-моделей ИК как результат работы сканера и обрабатывающего мягкую модель ИК.

Автоматически на 3D-принтере изготавливается физический прототип ИК. Строится композиционная модель объекта «кость — ИК — эндопротез».

Проводится математическое моделирование биомеханических испытаний объекта «кость — ИК — эндопротез» в условиях разнонаправленных дестабилизирующих воздействий.

Выполняется 3D-печать индивидуальных конструкций в выбранном материале (титановый сплав, композиционный биосовместимый материал).

Вводятся последовательные и обратные связи для коррекции физических прототипов и ИК эндопротезов. За счет обратной связи впервые предоставляется возможность хирургу корректировать размещение, крепление и форму конструкции с учетом деформаций и повреждений сустава.

В процессе коррекции ИК выполняются расчеты напряженного деформированного состояния биомеханического объекта при воздействии возмущений на центр ротации в новообразованном суставе.

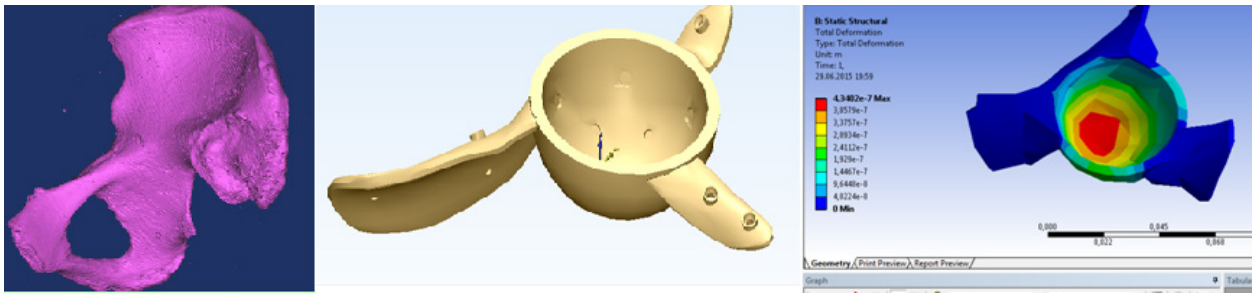


Рис. 1. Этапы изготовления ИК.

Предлагаемая технология проектирования и изготовления индивидуальных компонентов на основе применения пользователем-хирургом инструментов САПР BCI совместно со средствами объемной печати на 3D-принтере обеспечивает:

- реконструкцию поврежденных костей конкретного пациента;
- реализацию нового способа замещения дефекта костной ткани с применением современных биотехнологий;
- уменьшение времени операции и уменьшение кровопотери;
- улучшение результатов эдопротезироваия у пациентов с массивным остеолизом.

Список литературы:

1. Волосников А. Возможности внедрения САПР в клиническую практику медицинских учреждений травматологии и ортопедии. «Восстановительная травматология и ортопедия» [Текст] // ФГБУ РНЦ им. Г. А. Илизарова, г. Курган. Журнал «САПР и графика» №5, 2013г., стр.73-75

2. Biomechanical Cad System in Revision Arthoroplasty / G. D. Dmitrevich, R. I. Solnitsev, N. M. Nguyen, R. M. Tikhilov, A. V. Tsibin, P. N. Vopilovsky // Proceesings of International Conference on Soft Computing and Measurements SCM`2015. May 19–21, 2015. St. Petersburg. 2015. V.2. Pp. 170-172
3. Tools for biomechanical CAD systems in revision total hip arthroplasty [Текст] // Dmitrevich G. D., Марков M.V. // XVIII International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM 2015), 978-1-4673-6961-9/15 / 2015 IEEE
4. http://www.ansys.com/Products/Simulation+Technology/Structural+Ana lysis/ANSYS+Structural // Structural analysis software from ANSYS.
5. http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/products/femap/nxNastran /index.shtml // Femap with NX Nastran Structural Analysis Toolkit.
6. http://www.anybodytech.com/?id=20 // The AnyBody Modeling System™ − The leading musculoskeletal modeling software to solve design problems on ergonomics

Исследование и разработка программного обеспечения для 3D-моделирования на основе VOXEL-элементов

И.А. Лившиц

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

В текущее время возможностей персональных компьютеров хватает, чтобы работать с 3D-моделями (в дальнейшем просто «модель»), представленными в виде полигональной сетки, т.е. в памяти хранится множество точек, образующих при их заданном соединении множество треугольников, квадратов или плоских многогранников, дающих нам понять, как выглядит модель снаружи.

Но как выходить из положения, если потребуется узнать, что находится внутри? Или разрушить модель на мелкие кусочки, заранее неизвестной формы? Да, действительно, существуют способы проделать данные операции с помощью уже существующих методов, вроде продавливания полигональной сетки или анимирования частиц. Но для подобного рода задач уже были придуманы воксели (англ. Voxel — образовано из слов: объёмный (англ. volumetric) и пиксел (англ. pixel)). Это те же самые пиксели, использующиеся для отображения 2D-моделей, перенесенные в 3D-пространство, т.е. кубики.

Аналогично пикселям, информация о положении данного вокселя в пространстве нигде не хранится, а вычисляется в соответствии с его по-

ложением в трехмерной матрице. Это существенное отличие от объектов векторной графики (полигональных моделей), для которых всегда представлены координаты опорных вершин.

Так если воксели — это настолько хорошая и легкая в обращении штука, почему воксельное моделирование не вошло в арсенал 3D-моделистов настолько, насколько часто мы встречаем векторное? А дело в том, что даже простейшая модель, построенная из вокселей будет занимать огромное количество места в памяти компьютера, в разы больше полигональной модели. Например, модель, разрешением 512x512x512, при учете 1 бита на один воксель (без учета цвета), займет объем памяти, равный 134217728 бит = 16 Мб. В то время как для аналогичной модели на основе полигонов потребуется лишь несколько килобайт.

Появилась проблема — найдется и решение. Для сжатия воксельных моделей был придуман ряд оптимизационных алгоритмов, чаще всего сводящихся к представлению трехмерного массива в виде древовидной структуры. Одной из последних разработок является т.н. «Разреженное воксельное октодерево». Корень дерева содержит объект целиком, в виде большого куба. Каждый узел либо делится на 8 потомков, таких же деревьев, либо становится листом. В итоге имеется регулярная трехмерная сетка вокселей.

Развитие воксельных технологий, не что иное, как следствие их высокой востребованности, несмотря на все недостатки. В области их применения входит визуализация медицинских данных (как пример, моделей тела человека, полученных посредством МРТ, УЗИ…), отображение информации на трехмерных экранах, и многое другое. Также стоит сказать, что воксели активно внедряются в игровые движки, в виду их высоких возможностей в отображении непрерывных сред (ландшафтов, облаков, статичных объектов и прочего).

Требования: программное обеспечение должно реализовывать работу с воксельными моделями, позволять удалять, добавлять элементы в модель, использовать минимально возможный объем памяти для хранения модели.

В данной работе была реализована система, позволяющая создавать и хранить модели на основе вокселей. Использовались следующие технологии: C++, Qt 5.1, OpenGL 2. За стартовую точку написания алгоритма оптимизации памяти, занимаемой моделью, было взято «октодерево», упомянутое ранее. Так как OpenGL заточен на работу с полигональной

сеткой, упущена возможность оптимизировать рендеринг воксельной сетки, поэтому ПО в данный момент дорабатывается.

Список литературы:

1. Чеканов Д. Рендеринг с помощью вокселей: новый уровень графики в играх? Журнал «Tom's Hardware» (30 октября 2009 года). Статья — http://www.webcitation.org/65XTIBJtu
2. Fundamentals of Voxelization (англ.). «Volume Graphics» IEEE Computer, Vol. 26, No. 7, July 1993, pp. 51-64 — http://www.webcitation.org/65XTHidqM

Цифровой термометр на базе частотного датчика температуры

У.В. Лодис

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

В настоящее время цифровые системы измерения температуры находят все большее применение в связи с развитием цифровой микроэлементной базы, в частности программируемых интегральных логических микросхем. При существовании различных классов температурных датчиков, таких как терморезистивные сенсоры, термопары, полупроводниковые датчики, особый интерес представляют датчики, формирующие результат измерения в цифровой и частотной форме.

В качестве чувствительного элемента разработанного термометра использовался полупроводниковый термодатчик с частотным выходом. Технология изготовления таких термодатчиков позволяет достичь минимальных размеров чувствительного элемента, а выходной сигнал может быть легко обработан с использованием ПЛИС.

При выборе элементной базы были проанализированы датчики фирмы Analog Devices серии TMP. Они имеют схожие основные характеристики (диапазон температур, формат представления выходного сигнала) и отличаются точностью. Выходной сигнал термодатчика представлен на рисунке 1. Температура определяется на основании значений T_1, T_2 по следующей формуле $A_1 - \frac{A_2 * T_1}{T_2}$.

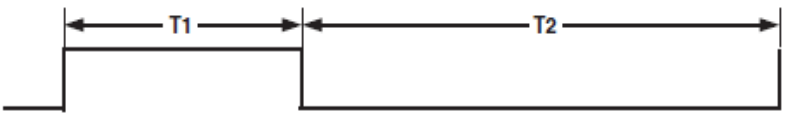


Рис. 1. Выходной сигнал термодатчика.

Для исследования был выбран термодатчик TMP03 [1], как более доступный, значения масштабных коэффициентов этого датчика следующие: $A_1 = 235, A_2 = 400$.

Структурная схема разработанного термометра представлена на рисунке 2. Сигналы от датчика D и генератора импульсов G поступают на счётчики СТ для определения единичной T_1 и нулевой T_2 составляющих. Результат подсчёта поступает на блок функционального преобразования F, который вычисляет измеренное значение температуры в градусах. Полученный двоичный код предаётся на блок индицирования для вывода его на семисегментные индикаторы.

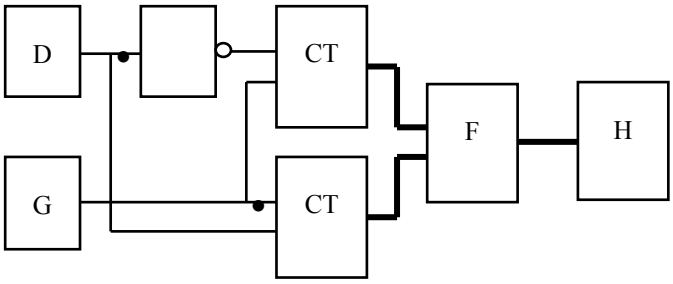


Рис. 2. Структурная схема цифрового термометра.

В соответствии со структурной схемой был разработан проект цифрового термометра в САПР Quartus II [2], выполнено его моделирование и проведён эксперимент.

Для эксперимента была использована прототипная плата DE0. Отличительные особенности платы: ПЛИС Cyclone III, 72 линии I/O, 10 движковых переключателей, 10 светодиодов, 4 семисегментных индикатора, генератор с частотой 50 МГц. Термодатчик TMP03 подключался ко входу ПЛИС в соответствии со схемой, рекомендованной производителем. Осуществлялся подсчёт длительностей T_1 и T_2 сигнала, поступающего от термодатчика. Функциональное преобразование выполнялось с помощью мегафункций из библиотеки САПР Quartus II. Результат конвертировался в коды для семисегментного индикатора с использованием специально

разработанного модуля. Значения выводились на индикаторы, установленные на плате.

Цифровой термометр прошел тестирование с проверкой точности показаний ртутным термометром. Определено, что термометр позволяет определять температуру в диапазоне от 0 до 75°С с точностью ±1,5°С.

Разработанный термометр может найти применение в приборостроении при контроле технологических параметров, не требующих высокой точности. Изменение характеристик может быть достигнуто сменой модели термодатчика и изменением масштабных коэффициентов.

Список литературы:

1. Serial Digital Output Thermometers TMP03/TMP04 [Электронный ресурс]. URL: http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/TMP03_04.pdf
2. Комолов Д.А., Мяльк Р.А., Зобенко А.А., Филиппов А.С. Системы автоматизированного проектирования фирмы Altera MAX+Plus II и Quartus II. Краткое описание и самоучитель. — М.: ИП РадиоСофт, 2002. — 352 с.

Система интеллектуальной защиты информационно-телекоммуникационной сети

В.Е. Дементьев, С.Х. Киреев, Д.А Маняшин., А.А.Рогаль

ФГКВОУ ВПО Военная академия связи им. С.М.Буденного

Актуальность разработки системы интеллектуальной защиты информационно-телекоммуникационной сети заключается в обеспечении выполнения требований по защите от информационных воздействий. Использование данной системы защиты позволяет повысить качество контроля сети, выявлять несанкционированные воздействия, фильтровать запрещенный трафик с хостов, запрещенных внутренними политиками организациями, а так же выполнять идентификацию хостов, осуществляющих вредоносное воздействие.

Программа предназначена для анализа входящего трафика на наличие протокольных воздействий, а также воздействий, влияющих непосредственно на безопасность прикладного и системного программного обеспечения.

Система интеллектуальной защиты представляет собой нейронную сеть, способную анализировать входящий трафик, базу знаний, хранящую все известные системе признаки протокольных воздействий на ИТКС и сетевой фильтр трафика, способного идентифицировать весь нестандартный трафик. Интерфейс программы представлен на рис. 1.

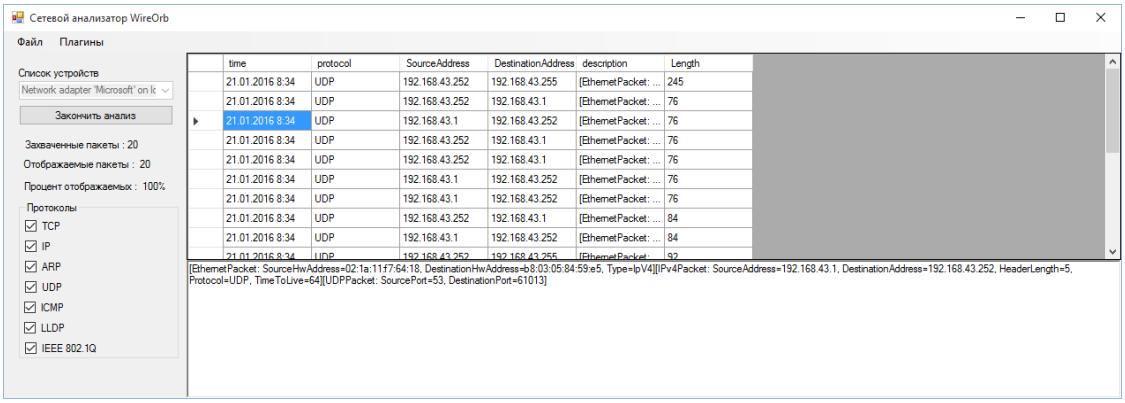


Рис. 1. Интерфейс графического анализатора.

Возможности:

- Анализ трафика на наличие аномалий;
- Выявление хостов, отправивших аномальный трафик;
- Анализ известных уязвимостей системы;
- Прогнозирование возможных воздействий на систему;
- Постоянный мониторинг безопасности сети;
- Блокирование опасного трафика в сети;
- Анализ содержания сетевых пакетов.

Рекуррентная нейронная сеть, являясь основным элементом системы интеллектуальной защиты, позволяет выявлять скрытые закономерности в передаваемых данных, характеризующие опасный трафик, путем побайтного анализа потока данных. В отличие от многослойного персептрона, являющегося основой многих систем, использующих искусственный интеллект, который работает с входными данными фиксированной размерности, рекуррентная нейронная сеть работает с последовательностями данных, частным случаем которых и является сетевой трафик.Также важным преимуществом является возможность дообучения сети в реальном времени. Общая схема нейронной сети представлена на рис. 2.

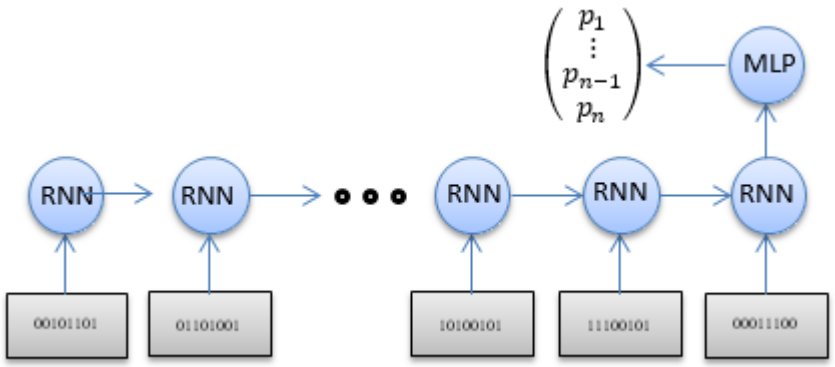


Рис. 2. Общая схема нейронной сети.

Достигнутые результаты:

Система интеллектуальной защиты способна выполнять анализ сетевых потоков, реализованных на основе транспортных протоколов TCP и UDP, а также идентификацию хостов, реализующих опасные воздействия на объекты.

Выводы:

Программа способна повысить общий уровень защиты информационно-телекоммуникационной сети.

Методы обнаружения нейронов на двумерных изображениях среза спинного мозга

В.В. Михайлов

ЦНИИ РТК

Рассмотрению подлежит задача анализа цифрового изображения среза спинного мозга кошки.

Актуальность задачи обусловлена рассмотрением случая поиска объектов произвольной формы и произвольного размера, как окрашенных особым цветом, так и совпадающих по цветовой схеме с фоном.

Особую сложность представляет поиск более мелких нейронов. Фон же представляет собой абсолютно неоднородную субстанцию и имеет ряд особенностей, например разрывы и уплотнения вещества, не являющегося нейроном, помимо этого фон обладает сложной композицией, содержащей всевозможные контура и разнообразные тела произвольной формы.

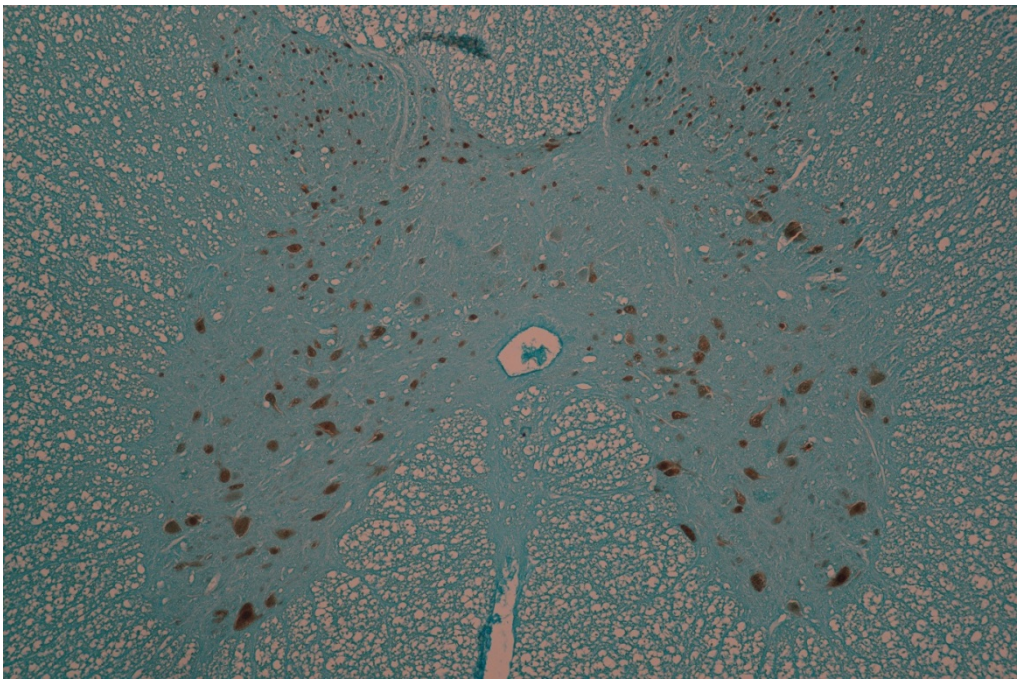


Рис. 1. Пример изображения маркирования нейронов методом НеоН.

В работе рассматриваются разнообразные типы изображений срезов, причиной такого разнообразия послужили разные методы маркировки нейронов на срезах спинного мозга.

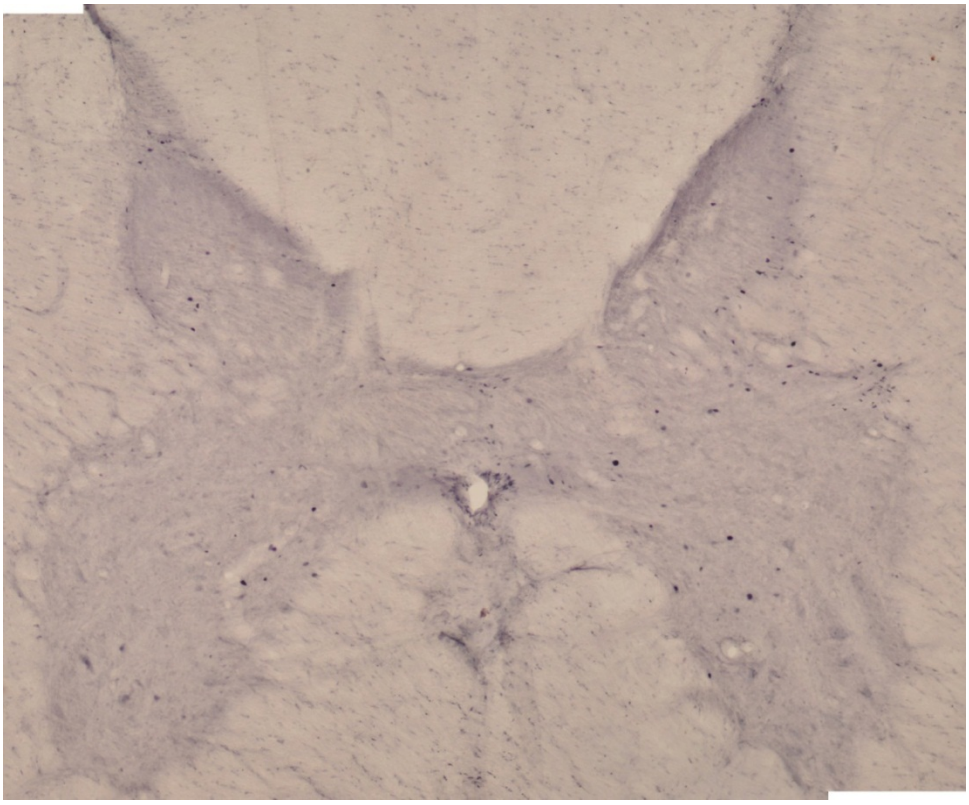


Рис. 2. Пример изображения маркирования нейронов методом C-fos.

Также подлежит рассмотрению проблема поиска нейронов, находящихся «не в фокусе», то есть скрываемых слоем вещества.

Основные методы поиска нейронов — это применение компонентного фильтра, морфологических преобразований, а также использование каскадного классификатора.

Необходимость точного обнаружения нейронов, обуславливается исследованиями нейрофизиологов, выявляющими функциональные связи нейронов спинного мозга. Подобные исследования направленны на улучшение методик реабилитации больных с повреждением спинного мозга.

Список литературы:

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений — Москва: Изд-во ТЕХНОСФЕРА, 2005. — 1072 с.
2. Лукьяница А.А., Шишкин А.Г. Цифровая обработка видеоизображений — Москва: Изд-во «Ай-Эс-Эс Премм», 2009. — 518 с.

Исследование и разработка модуля сбора информации о текущем состоянии сети для распределённой САПР

А.В. Неробов

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

Задача увеличения скорости моделирования стала особенно актуальной в связи с появлением субмикронной технологии, когда возникла необходимость моделирования цепей из миллионов и десятков миллионов транзисторов с предельно достижимым (Spice-подобным) уровнем достоверности. Второй причиной возрастания актуальности аппаратного подхода в моделировании является тот факт, что в последние 10 лет потребность в скорости моделирования растет быстрее, чем тактовая частота процессоров или ускорение, достигаемое чисто программными средствами [1].

Совокупный функциональный и вычислительный потенциал глобальной сети с географически отдаленными компьютерами открывает практически неограниченные перспективы массового применения разнообразных систем с сетецентрическим управлением [2].

Целью исследования является разработка модуля сбора информации о текущем состоянии сети для распределённой САПР. Требования: программа должна собирать информацию о ресурсах компьютеров, где запу-

щены модули распределённой САПР, анализировать её и выставлять оценку компьютеру, которая будет отражать степень его готовности взять на себя часть вычислений.

Для решения этой задачи был разработан программный модуль сбора информации о текущем состоянии сети для распределённой САПР. В качестве языка программирования выбран язык C++, а взаимодействие компьютеров, находящихся в одной локальной сети, осуществляется с помощью технологии socket. Пример работы программы показан на рисунке 1. Для оценки компьютеров были взяты такие важные критерии как его текущая свободная оперативная память, свободная тактовая частота процессора и количество ядер, а в качестве тестируемой программы был взят метод Монте-Карло, позволяющий получить полную статистическую информацию о моделируемой цепи путём многократных расчётов.

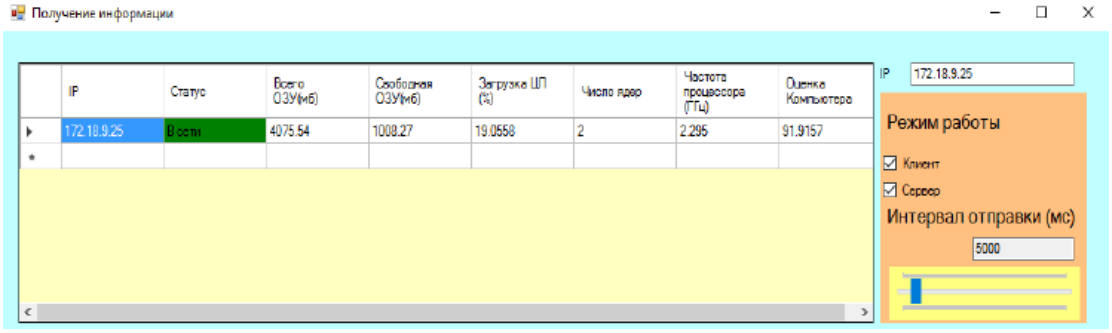


Рис. 1. Работа программы сбора информации.

Исходя из оценок, компьютер, на котором был запущен метод Монте-Карло, распределял задачи между компьютерами. Результаты тестирования для одинакового количества задач и одинаковых компьютеров, но с разным их количеством отражены на рис. 2.

Рис. 2. Результаты тестирования.

На рис. 2 видно, что распределение задач между несколькими компьютерами значительно сокращает время на моделирование цепей.

Список литературы:

1. Денисенко В.В. Проблемы схемотехнического моделирования КМОП СБИС // Компоненты и технологии. — 2002. № 4. — С. 100–104. Режим доступа: http://cyberleninka.ru/article/n/urovni-predstavleniya-integralnyh-operatsionnyh-usiliteley-pri-shemotehnicheskom-modelirovanii.
2. Затуливетер Ю.С., Фищенко Е.А. Графодинамические системы с сетецентрическим управлением в математически однородном поле компьютерной информации//Управление большими системами / Сборник трудов. Специальный выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении». М.: ИПУ РАН, 2010. — С. 567-602.

Аспектно-ориентированная реализация принципа инверсии зависимости при разработке программного обеспечения

С.Ю. Николаев

Санкт-Петербургский государственный университет

На данный момент паттерн проектирования Dependency Injection [1] используется программистами повсеместно. Он входит в список основных принципов проектирования в ООП — SOLID и призван уменьшить степень связанности между модулями в программах. Для обеспечения его работы написано множество библиотек, например, NInject [2], Microsoft Unity [3], Spring.NET [4]. Эти библиотеки называются IOC-контейнерами [5], они автоматизируют написание кода с использованием данного подхода. Для этого нужно инициализировать контейнер, добавив дополнительный код в целевую программу.

Аспектно-ориентированное программирование (АОП) [6] — перспективное направление, которое сложилось в середине 1990-х гг. Этот подход дополняет возможности ООП. Суть данного подхода — отделение сквозной функциональности (протоколирование, авторизация, обработка исключений и пр.) от бизнес-логики.

В данной работе рассмотрена технология ASPECT.NET [7], созданная на кафедре информатики математико-механического факультета СПбГУ. Одним из главных преимуществ ASPECT.NET является возможность выносить в отдельные классы (аспекты) функциональность из целевого проекта, который, таким образом, можно избавить от лишних зависимостей

при сохранении поведения (АОП-рефакторинг). Тем самым можно избавиться от лишнего кода, создаваемого инициализацией IOC-контейнера.

С помощью ASPECT.NET весь код контейнера выносится в аспекты и на выходе будет получена программа, сохранившая свою функциональность и избавленная от кода данных библиотек, что имеет большое значение при возможной смене или отказе от применяемого IOC-контейнера.

Помимо этого, АОП может решать ту же задачу, что и принцип Dependency Injection и с помощью ASPECT.NET можно реализовать данный принцип с меньшим количеством кода целевого проекта, а значит, и более понятным образом.

Результатом работы является список приемов аспектно-ориентированного рефакторинга целевого приложения для вынесения всей работы с IOC-контейнерами в отдельные аспекты. В итоге происходит полное устранение его зависимости от стороннего IOC-контейнера. Эти приемы продемонстрированы на конкретном open source проекте электронной библиотеки и показаны преимущества их использования.

Список литературы:

1. Ларман К. Применение UML и шаблонов проектирования. 2-е издание.// М.: Изд-во Вильямс, — 71 с.
2. Сайт разработчиков Ninject // Режим доступа: www.ninject.org/
3. Сайт разработчиков Unity// Режим доступа: https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff647202.aspx
4. Форум, посвященный Spring.NET// Режим доступа: http://www.springframework.net/doc-latest/reference/html/objects.html
5. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидс Д. Приёмы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. — Издательство «Питер». — 1994
6. Эспозито Д. Аспектно-ориентированное программирование, перехват и Unity 2.0// MSDN Magazine, 12.2010// Режим доступа: http://msdn.microsoft.com/ru-ru/magazine/gg490353.aspx
7. Сафонов В. О. Аспектно-ориентированное программирование// Учебное пособие// СПб.: Изд-во СПбГУ. — 2011, — 28 с.
8. Сайт проекта Aspect.NET // Режим доступа: http://aspectdotnet.org/

Оптимизация кодировки символов для высокоскоростной обработки данных

Д.П. Перьков

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

Основными характеристиками современных систем обмена данными (СОД) являются скорость, надежность (помехоустойчивость) и безопасность передачи информации. СОД функционируют в режиме реального времени (РВ), и если скорость передачи радиосигнала неизменна и определяется физическими параметрами среды распространения сигнала, то на скорость обработки передаваемого и принимаемого сигнала мы можем повлиять. От этой скорости в конечном итоге зависит, сколько времени останется на то, чтобы наиболее эффективно отреагировать на полученную информацию.

Передаваемый сигнал кодируется с помощью таблицы кодировки ASCII, в соответствии с ней же он и декодируется. В процессе кодировки каждый символ получает свой код из таблицы. При этом организуется цикл сравнения кодируемого символа с табличными. Анализ таблицы кодировки ASCII показывает, что в начале таблицы стоят управляющие символы (многие из которых вообще вышли из употребления), затем идут знаки препинания, цифры, и только затем буквы английского алфавита. То есть для того, чтобы обработать текстовое сообщение, надо для каждой буквы пройти как минимум 65 итераций цикла. И хотя время каждой итерации ничтожно, в результате накапливаются непроизводительные микросекунды.

Данная работа посвящена оптимизации таблицы кодировки символов для передачи данных в специализированных СОД, предназначенных для службы береговой охраны. В связи с необходимостью выделения одного бита каждого байта под служебную часть, используется 7-битная таблица кодировки. Проводится анализ частоты использования различных символов в сообщениях. Поскольку основная часть информации — числовая (координаты объектов, фиксируемых радиолокационными станциями), предлагается перенести числовые символы в начало таблицы, затем разместить строчные буквы английского алфавита, и лишь потом — остальную часть таблицы ASCII.

Сравнительный анализ функциональных возможностей BI-платформ

М.В. Планкова, М.А. Кондратова

ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский Государственный Экономический Университет, факультет информатики и прикладной математики

Рынок аналитических и BI-платформ (Business Intelligence) находится в стадии роста и развития, что подтверждается большой группой лидеров рынка и нишевых игроков, активным развитием технологий анализа данных и визуализации. Данный сегмент рынка Информационных технологий (ИТ) в мире является наиболее растущим (в денежном выражении достигает 13,8 млрд долларов).

В результате исследования были решены следующие задачи: выявлены особенности BI-решений, проведен сравнительный анализ существующих решений и оценены функциональные возможности BI-платформ.

Основное направление развития рынка — переход к мобильной аналитике и визуализации, так как пользователи BI-инструментов нуждаются в доступе к аналитическим данным в любое время и в любом месте. В сфере бизнес-анализа наблюдается «провал» на рынке специалистов: недостаточное число бизнес-аналитиков и бизнес-математиков, а также отсутствие у пользователей необходимых фундаментальных знаний в этой области.

На основе изучения информации о рынке BI-технологий были определены тенденции развития данного сектора ИТ рынка: технологическое совершенствование инструментов, функций в области анализа «больших данных», так как это одна из ключевых вех развития ИТ; развитие мобильных и облачных технологий анализа, которые делают BI-приложения более удобными в использовании; усовершенствование работы с неструктурированными данными; акцент на прогнозной и предиктивной аналитике, которая уже используется в решении рутинных задач, но необходимо сделать её более удобной в использовании, точной и понятной конечному пользователю; завоевание новых ниш — сдвиг внимания на малый бизнес, так как он находится только на стадии изучения BI-технологий и поиска подходящих решений. В рамках исследования были выделены следующие возможности BI-решений: аналитика, построение отчетности, оперативный анализ данных, интеллектуальный анализ, планирование, мониторинг. И три группы инструментария: средства предоставления информации

(средства создания отчетов, информационные панели, генераторы нерегламентированных запросов), средства интеграции (BI инфраструктура, управление метаданными, средства разработки, совместная работа и управление рабочими процессами), средства анализа (OLAP технологии, продвинутая визуализация, предиктивное моделирование и Data Mining, карты показателей). На основе выявленных особенностей решений был проведен сравнительный анализ существующих BI-платформ.

Сравнительный анализ основан на опыте, полученном при работе с возможностями демо-версий программных продуктов, информации пользовательских форумов и статей, отчетов аналитических агентств [1, 2, 3]. По результатам анализа была проведена экспертная оценка характеристик платформ: для анализа были выбраны следующие критерии: уникальные характеристики платформы, технические и функциональные особенности, целевой рынок производителя, возможность поддержки и обучения заказчиков, стоимость лицензий. Решения, выбранные для анализа, имеют схожий функционал, но выбранные нами критерии позволили выявить лучшие функции и особенности платформ, и слабые места существующих решений. Например, среди всех решений хуже всего развит показатель качества 6Sigma, небольшие оценки получила и функция предиктивной аналитики, так как эта технология только развивается и изучается. Лучше всего у разработчиков представлены функции отчетности, средства визуализации и управление метаданными.

Лидеры рынка в совокупности получили более высокие оценки, так как предоставляют расширенный развивающийся аналитический инструментарий. К ним относятся IBM Cognos, Microsoft SharePoint, Oracle Foundation Suite, SAP BusinessObjects, SAS Enterprise BI Server, QlikView, Tableau BI. А представители других сегментов акцентируют внимание на развитии определенного набора функций, где и получают высокие оценки. Это Alteryx Analytics, Birst Enterprise и Prognoz Platform.

Список литературы:

1. [Электронный ресурс] www.gartner.com/technology/reprints.do?id=1-1QLGACN&ct=140210&st=sb (Дата обращения 15.01.2016)
2. [Электронный ресурс] http://www.bisoftwareinsight.com/reviews/ (Дата обращения 15.01.2016)
3. [Электронный ресурс] http://www.sql.ru/forum/olap-dwh (Дата обращения 15.01.2016)

Платформа сбора и обработки данных гидродинамических испытаний

И.В. Расторгуева

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

Гидродинамические испытания моделей судов требуют высокой трудоемкости и стоимости, следовательно, возникает задача автоматизации испытаний. Системы для автоматизации, созданные ранее, со временем устаревают морально и физически. Также из-за расширения экспериментальной базы (появление новых средств измерения), изменения методологии исследований и увеличения сложности вычислений часто возникает задача модификации систем с внесением в алгоритм их работы новых функций, расширения номенклатуры подключаемых модулей. Таким образом, разработка гибких, легко модифицируемых систем, на современной элементной базе является актуальной.

Цель работы связана с созданием программно-аппаратного комплекса для проведения гидродинамических испытаний моделей судов. Для достижения цели требовалось определить структуру и состав аппаратных средств платформы сбора данных и разработать специализированное программное обеспечение.

В качестве платформы сбора данных выбран программируемый контроллер компании National Instruments CompactRIO [1], предназначенный для создания полнофункциональных прототипов и внедрения готовых контрольно-измерительных систем.

Для решения поставленной задачи выбрана следующая конфигурация

1) контроллер реального времени NI cRIO-9024 с тактовой частотой 800 МГц для решения задач, требующих высокого уровня надежности, оперативную память объемом 512 МБ и внутреннюю энергонезависимую память объемом 4 ГБ для выполнения программ и сбора данных;

2) NI cRio-9118: 8-ми слотовое реконфигурируемое шасси на базе ПЛИС Virtex-5LX110 для подключения модулей ввода/вывода и решения таких задач, как тактирование ввода/вывода сигналов, передача данных на контроллер и параллельная обработка сигналов на ПЛИС;

3) модули NI 9411: 4 6-канальных модуля для работы с индуктивно частотными датчиками, поддерживающих цифровой ввод от ±5 до 24 В, питание от шасси и рабочий температурный диапазон от –40 до +70 °С.

Для сконфигурированной платформы предполагается разработать программный комплекс, состоящий из 3 программ: HOST, RT и FPGA.

Программа FPGA опрашивает каналы, получает данные с модулей и осуществляет накопление в буфер. Программа установлена в ПЛИС в шасси NI-9118.

Программа RT, загруженная в контроллер реального времени, осуществляет дальнейшую обработку данных в соответствии с алгоритмами и режимами испытаний.

Программа HOST, установленная на компьютере, задает конфигурацию измерений для RT и передает команды старта и остановки. Связь между RT и HOST осуществляется по Ethernet-интерфейсу с использованием TCP/IP.

Программа опроса измерительного оборудования для FPGA, являвшаяся предметом моей разработки, создавалась с использованием модулей ввода/вывода и среды разработки LabVIEW 2012 [2]. В основе LabVIEW лежит концепция графического программирования — последовательное соединение функциональных блоков на блок-диаграмме.

Созданная программа FPGA имеет следующий алгоритм работы.

1). Программа ожидает от RT контроллера команду START. Исходные данные — время измерения, которое определяет количество циклов работы.

2). В цикле происходит подсчет фронтов с канала. При переходе с 0 на 1 и с 1 на 0 происходит увеличение счетчика на 1.

3). Подсчитанное количество фронтов передается в буфер.

В ходе проведенной работы была выбрана аппаратная часть, разработана часть программного комплекса, отвечающая за опрос модулей, подсчет фронтов и накопление данных в буфер контроллера. Работа будет продолжаться в направлении автоматизации сбора данных.

Список литературы:

1. NI CompactRio [Электронный ресурс] URL: http://www.pitersoft-nn.ru/pub/Брошюра%20CompactRIO.pdf
2. Жуков К. Г. Модельное проектирование встраиваемых систем в LabVIEW. — М.: ДМК Пресс, 2011. — 688 с.

Создание электронного операционного журнала для кардиохирургического отделения

Т.В. Романова, Л.И. Фараизова

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

В современном мире любая организация нуждается в своевременном доступе к информации. Ценность информации в современном мире очень высока. Роль распорядителей информации в современном мире чаще всего выполняют базы данных. Базы данных обеспечивают надёжное хранение информации в структурированном виде и своевременный доступ к ней. Практически любая современная организация нуждается в базе данных, удовлетворяющей те или иные потребности по хранению, управлению и администрированию данных. Потребность централизованного хранения информации с возможностью быстрого доступа и редактирования не обошла стороной и медицинские учреждения. Для того что бы лечащий врач смог быстро получить информацию о состоянии здоровья пациента необходимо интегрировать различные медицинские информационные системы.

Целью данной разработки является повышение эффективности кардиохирургического отделения путем создания автоматизированной системы электронного операционного журнала. Журнал создается в среде «Microsoft Access».

Разрабатываемая система будет актуальна на протяжении долгого времени, т.к. заметна тенденция перехода на цифровую обработку информации во многих структурах.

Проект автоматизированной информационной системы попробуем представить в виде описания основных функций проектируемой системы.

К основным функциям проектируемой системы предметной области «Создание электронного операционного журнала для кардиохирургического отделения» можно отнести следующее:

- создание нового пациента;
- заполнить карточку пациента;
- открыть существующую карточку;
- поиск пациента.

Алгоритм работы автоматизированной информационной системы представляет собой цикл с различными условиями, при котором програм-

ма всегда возвращается в начало до того, пока действия, совершаемые в программе, не завершатся.

Программа была протестирована и разработана инструкция пользователя, которая подробно описывает работу с программой, затрагивая все ее возможности и функции.

Программа позволяет сократить временные и материальные затраты на обработку статистических данных об операциях. Экономия происходит за счет уменьшения затраченного рабочего времени и снижения степени использования применяемых при сборе информации материалов: бумаги, канцелярских товаров и т.д.

Разработанная система была внедрена в Вологодскую областную клиническую больницу и на данный момент успешно используется.

Список литературы:

1. Хомоненко А.Д. Базы данных: Учебник для высших учебных заведений/ А.Д. Хомоненко, В.М. Цыганков, М.Г. Мальцев / под ред. проф. А.Д. Хомоненко. — СПб.: Корона, 2000. — 734с.
2. Советов Б.Я. Базы данных: теория и практика: учебник для вузов по направлениям», «Информатика и вычисл. техника», «Информ. системы» Б.Я. Советов, В.В. Цехановский, В.Д. Чертовской. — Изд. 2-е, стер. — М.: Высш. шк., 2007. — 463 с.

Разработка веб-ориентированного приложения для автоматизированной системы выбора услуг мобильной связи

Н.А. Румянцева, А.С. Козырева, А.С. Стукан

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

При использовании мобильной связи, клиент неизбежно сталкивается с проблемой выбора наиболее подходящих под его потребности услуг связи и оптимальных тарифов для их оплаты. Главной проблемой здесь является выбор такого тарифного плана, который позволил бы снизить его денежные расходы без изменения предпочитаемого набора услуг.

При поиске оптимального тарифа для абонента должны быть учтены следующие критерии:

- операторы мобильной связи абонентов, которым чаще всего звонит клиент;

- страна или регион абонентов, которым чаще всего звонит клиент;

- примерное число минут, затрачиваемых клиентом на разговоры в месяц;

- объем трафика мобильного интернета;

- насколько часто клиент отправляет SMS-сообщения;

- какая система бонусов при использовании услуг связи предусмотрена у мобильного оператора.

Разработка приложения делится на следующие этапы:

- инженерия знаний в области услуг мобильной связи с привлечением аппарата логики предикатов первого порядка [1];

- разработка программных модулей для работы с базой знаний [2];

- интеграция разработанных модулей в веб-ориентированное приложение на основе технологий семантического Web.

Разрабатываемое приложение призвано автоматизировать данный процесс. Основным отличием разрабатываемого приложения от существующих калькуляторов тарифов является возможность выстраивания тарифов по рейтингу в зависимости от выбранного свойства.

На сегодняшний день определена архитектура приложения и выбраны инструменты разработки, а так же создан тестовый пример для работы базы знаний в экспертной системе Jess.

В дальнейшем планируется решить задачи доработки базы знаний до онтологии, разработки программных модулей для работы с онтологией и интеграции программных модулей в веб-ориентированное приложение.

Список литературы:

1. Герасимов И.В., Майга А.И., Лозовой Л.Н. Онтологический инжиниринг. Средства и спецификации онтологического моделирования: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2009. — 232 с.
2. Jess: the Rule Engine for the Java Platform [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.jessrules.com/jess/docs/71/ (дата обращения 24.11.2015).

Построение запоминающих элементов для асинхронных схем

Старых А.А., Ковалев А.В.

Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения (ИНЭП) Инженерно-технологической академии Южного федерального университета (ЮФУ) Кафедра конструирования электронных средств (КЭС), г. Таганрог, Россия

Научный руководитель: Ковалев Андрей Владимирович, к.т.н., профессор кафедры Конструирования электронных средств (КЭС)

В настоящее время асинхронные схемы привлекают внимание со стороны ученых. Данное обстоятельство объясняется отсутствием проблем с рассогласованием фронтов «гонок сигналов» и малой потребляемой мощностью [1].

При конструировании асинхронных схем требуется использование запоминающих элементов (ЗЭ) [2]. При разрешении работы асинхронной схемы, данные передаются в блок разрешения передачи данных, а затем на ЗЭ (рис.1), который сохраняет входную информацию на время ее обработки в блоке комбинационной функции.

Рис.1

Начало процесса устанавливает сигнал «Старт» в состояние логического «0», в результате чего все сигналы на выходе блока разрешения передачи данных становятся равными нулю. В это время запомненные в асинхронном регистре значения сигналов обрабатываются в блоке комбинационной функции (КФ). После окончания переходного процесса сигнал «Старт» становится равным логической «1» и начинается обработка следующей порции входных данных.

На рис.2 приведены предложенные схемы ЗЭ на двух инверторах со встроенными сигналами инициирования процесса «Старт».

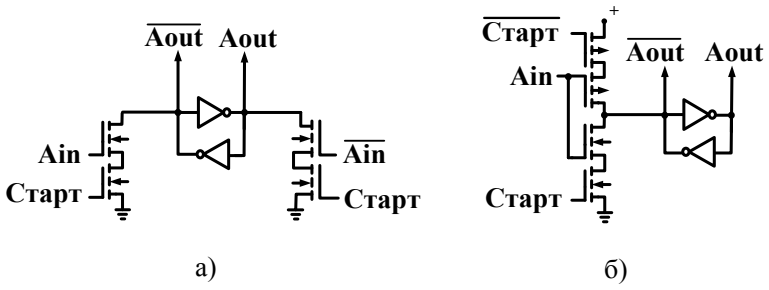


Рис.2. Схемы запоминающих элементов

На рис.2 а представлена схема ЗЭ, работающая от двухпроводного входного сигнала A_{in}. Интеграция сигнала «Старт» в схему ЗЭ синхрони-

зирует работу последнего и позволяет избавиться от блока разрешения передачи данных. В схеме ЗЭ установление сигнала «Старт» в состояние логической «1» приводит к запоминанию значения входного сигнала. Обнуление всех входных сигналов не разрушает запомненные данные, а позволяет им обрабатываться в блоке КФ.

На рис.2б показана схема ЗЭ, в которой используется только прямой входной сигнал A_{in}, а двухпроводный выходной сигнал A_{out} получается на выходе ЗЭ.

Результаты исследования получены с использованием оборудования Центра коллективного пользования и Научно-образовательного центра «Нанотехнологии», оборудования студенческого конструкторского бюро «Элементы и приборы инерциальных навигационных систем и робототехники» Института нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета (г. Таганрог).

Тезис доклада написан в рамках выполнения проекта ФЦП Россия №14.587.21.0025.

Список литературы:

1. Ковалев А.В., Бушин С.А. Модели энергопотребления асинхронных функциональных блоков КМОП СБИС// Известия ЮФУ. Технические науки. — 2009. — № 12. — С. 198 — 203.
2. Плеханов Л.П. Основы самосинхронных электронных схем. — М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 208 с.

Принципы построения масштабируемых систем управления и контроля данных на основе программных компонент с открытым кодом

Б.М.Тимофеев

Санкт-Петербургский государственный университет

В связи со стремительным ростом объемов хранимой информации становятся все более актуальными системы, позволяющие хранить и оперировать большим количеством слабоструктурированных данных. Такие системы можно условно разделить на 2 категории: коммерческие и находящиеся в открытом доступе. Поскольку использование коммерческих систем зачастую связано со значительными финансовыми затратами, иссле-

дование посвящено построению систем на основе программных компонент с открытым исходным кодом.

К требованиям данной системы необходимо отнести надежность (потери данных могут быть критическими для пользователей, вся информация должна дублироваться), защищенность от несанкционированного доступа (в том числе и разграничение прав пользователей внутри самой системы), а также приемлемая стоимость, что и обуславливает использование компонентов со свободной лицензией. Отдельно следует выделить такое требование к системе, как сохранение данных в течение определенного периода времени (архив), поскольку информация может иметь актуальность даже спустя большой промежуток времени. Таким образом, данные, доступ к которым давно не осуществлялся, могут быть отправлены в архив системы хранения.

Для решения вышепреведенной задачи может служить масштабируемая система управления и контроля данных, построению которой на основе компонентов с открытым исходным кодом посвящена данная статья.

Одним из наиболее важных факторов в построении подобных систем является разделение данных и их описания (метаданных), а также контроль пользовательского доступа к ним (механизм авторизации пользователей с разными правами на доступ к данным).

Системы управления данных, в силу их универсальности (независимости от предметной области данных), должны уметь оперировать самыми разными данными, однако даже в них присутствует структуризация информации, которую можно условно разделить на 2 типа: данные и метаданные.

Данные — это та часть информации, которая имеет основную ценность для пользователя, то есть это информация в «сыром» виде, без описания.

Таким образом, объекты являются листьями дерева хранимых данных, датасеты представляют из себя нетерминальные вершины. Еще одной характерной особенностью датасетов является то, что для них определены права доступа.

Метаданные — это не информация в чистом виде, а ее описание. Одним из примером описания данных является такие их метрики, как дата создания, дата последнего изменения, создатель и т.д.. Наиболее подходящим способом представления метаданных является использование пар

«ключ-значение» (то есть хэш-таблицы), с помощью которых можно абстрагироваться от предметной области данных. Для удобства пользователя, каждая единица данных может иметь служебные метаданные (такие как контакты создателя), заполняемые системой автоматически.

Одним из основных принципов построения данных систем является возможность настройки доступа к информациии ее владельцами. В некоторых случаях пользователи должны иметь полный доступ к части данных, в то время как другая часть полностью скрыта от них.

Построение конкретной системы управления данными во многом зависит от требований к ней. В контексте данной работы рассматривались такие требования, как надежность, защищенность от несанкционированного доступа, а также низкая стоимость. Список компонентов платформы может быть изменен в зависимости от требуемого поведения системы.

В результате исследования реализован прототип системы, которая позволяет пользователям управлять данными и метаданными, а также контролирует уровень их прав на управление информацией.

Список литературы:

1. Сайт системы хранения данных iRODS [электронный ресурс] — Режим доступа: http://irods.org/, свободный.

Концепции X3D в X3-dom

А.А.Томилов

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

Среди способов представления трехмерных объектов особый интерес представляют технологии, позволяющие удобно и эффективно передавать информацию в сети интернет без потери качества и изменения представления.

В связи с развитием технологий передачи данных, повышении доступности высокоскоростных интернет соединений и возрастанием вычислительной мощности машин пользователей появилась возможность рендеринга изображений непосредственно на компьютере клиента, скачавшего модель-сцену из сети.

Данный подход снимает нагрузку с серверов и позволяет изучать в дальнейшем модель и производить интеракцию без задержек, обусловленных затратами на соеденение и обработку данных сервером.

Технология X3D (eXtended 3d) позволяет декларативно описывать трехмерные сцены средствами в том числе XML. Модель X3DOM разработана для интеграции X3D в современные приложения и использует для этого DOM.

В настоящий момент данная модель позволяет без модулей встраивать в веб-страницы трехмерные сцены. Сцена представляет собой дерево узлов, с которыми можно взаимодействовать, обрабатывая события с помощью JavaScript.

Для описания узлов используется пространство имен X3D, записанные в html страницу в специальных тегах сцены (<Scene>...</Scene>). Доступ к узлам сцены можно получать DOM-методами.

Поддерживаются такие важные элементы компьютерной графики как освещение, шейдеры, материалы. Вместе с этим элементы могут иметь обработчик событий нажатия.

Гибкость системы позволяет применять ее для различного рода визуализаций. Анимированные процессы или статистические данный в удобной форме могут быть отображены, откорректированы на машине пользователя, рассмотрены с разных углов.

В работе исследуются особенности реализации на примере создания комнаты и парящей по ней камере. Решение задачи выявит ключевые возможности и покажет выразительню гибкость и удобство технологии X3DOM.

Исследование и разработка модуля управления моделированием в распределённой САПР

А.А.Топильский

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

На настоящий момент большинство САПР используют вычислительные мощности только одной ЭВМ. Современные системы требуют больших объемов вычислений, с увеличением сложности моделируемых систем сложность расчета их характеристик увеличивается в разы.

Использование сетей позволяет снять нагрузку с одного компьютера и распределить её на все компьютеры, находящиеся в сети.

Сетевые протоколы TCP/IP обеспечивают масштабируемость глобальных/ локальных компьютерных сетей и надежную передачу пакетов данных между вычислительными узлами по разным маршрутам [1].

С точки зрения системных свойств архитектуры «клиент-сервер» следует отнести к самому простому из возможных видов сетевых архитектур [2].

Ограничения, свойственные архитектуре «клиент-сервер»:

- сужение классов решаемых задач распределенной обработки до таких, которые не требуют прямых обменов промежуточными данными между исполняемыми на разных компьютерах фрагментами задач;

- программирование и запуск задач производится только через серверный компьютер, а запуск фрагментов задач на клиентских машинах производится добровольными участниками «вручную» [2].

Сетецентрическая архитектура позволяет задействовать вычислительную мощность всей сети и при этом избавиться от ограничений архитектуры «клиент-сервер».

При этом каждое из компьютерных устройств может становиться как источником/инициатором своих распределенных программ/процессов, так и соисполнителем таковых, инициированных с любых других узлов сети [2].

Целью исследования является создание модуля организации и контроля распределенными вычислениями с использованием широковещательных запросов протокола TCP/IP на примере расчетов методом Монте-Карло.

Метод Монте-Карло представляет собой автоматизированную математическую методику, предназначенную для учета риска в процессе количественного анализа и принятия решений.

Требования: модуль на компьютере должен оповещать другие компьютеры в сети о своей готовности к производству расчетов и ожидать поступающих команд. В случае поступления запроса на расчет модуль должен на основании оценки возможностей сети равномерно распределять нагрузку и инициировать начало расчета.

Методом исследования является анализ временных затрат на производство вычислений при использовании стандартных средств с участием

одного компьютера и при использовании сетецентрического подхода с использованием возможности всей сети.

Для решения поставленной задачи был спроектирован программный модуль для управления процессом распределенных вычислений. При разработке использовался язык программирования C++, взаимодействие модулей осуществляется по средствам широковещательных запросов протокола TCP/IP и socket интерфейса.

Разработанный программный модуль показал существенное снижение нагрузки на компьютер и времени расчета цепей методом Монте-Карло.

Список литературы:

1. Затуливетер Ю.С., Фищенко Е.А. Принципы формирования универсального бесшовно программируемого и кибербезопасного алгоритмического пространства//ISSN 2079-3316. Программные системы: теория и приложения №1(19), 2014, С.153–173.
2. Затуливетер Ю.С., Фищенко Е.А. Графодинамические системы с сетецентрическим управлением в математически однородном поле компьютерной информации//Управление большими системами / Сборник трудов. Специальный выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении». М.: ИПУ РАН, 2010. — С. 567-604.

Программирование микроконтроллера отладочной платы ARDUINO UNO для решения задачи построения измерителя температуры

А.С. Топорская

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

С помощью отладочной платы Arduino Uno на основе микроконтроллера AVR можно реализовать довольно большой перечень различных устройств при наличии достаточных знаний о принципах работы платы. Разрабатывается устройство измерения температуры с передачей данных по Bluetooth на смартфон с операционной системой Android.

Для реализации данного проекта необходимо создать программу для микроконтроллера отладочной платы по следующему алгоритму рис.1

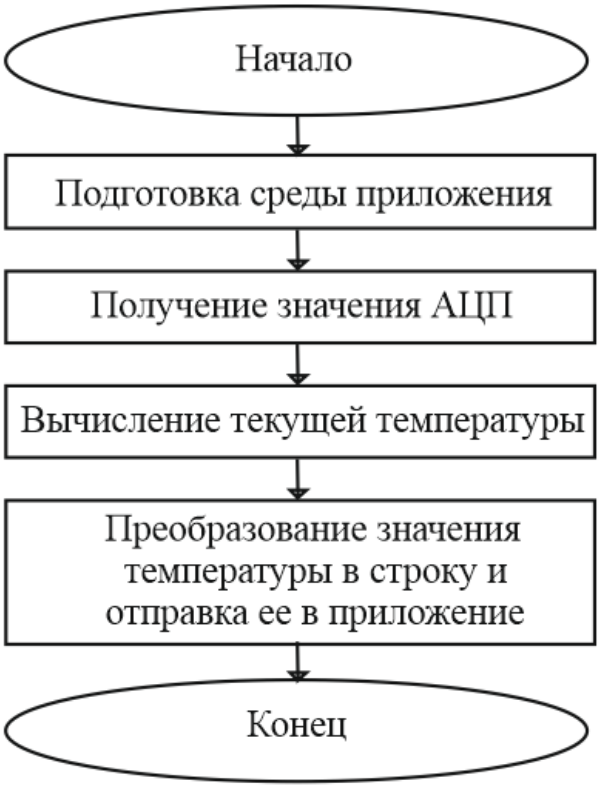


Рис.1 Последовательность действий работы программы

Для программирования Arduino можно использовать визуальный блочный язык Scratch или интегрированную среду разработки Ardiuno IDE. Scratch рассчитан на детей в возрасте 7-13 лет, т.к. им еще сложно воспринимать текстовые языки программирования. Соответственно, для каких-либо проектов он использоваться не может и далее рассматриваться не будет. Поэтому при решении текущей задачи выбрана среда программирования Ardiuno IDE, которая основывается на компиляторе языка C. Arduino IDE — это максимально упрощенный редактор, в котором не прописываются регистры, прерывания и таймеры. На рисунке (рис.2) представлен скриншот программы, соответствующей ранее представленному алгоритму.

Рис.2. Программный код разрабатываемого устройства

В коде программы также предусмотрена проверка в виде отправки полученного значения в Serial Port с возможностью последующего дополнительного ручного контроля правильности измерений.

Исследован вопрос программирования микроконтроллера, выбрана среда программирования, изучены типовые функции получения данных с микроконтроллера для последующей передачи на устройство визуализации. Итогом работы стало корректно работающее устройство, позволяющее осуществлять измерения температуры.

Литература:

Топорская А.С. Исследование возможностей отладочной платы Arduino Uno на основе микроконтроллера семейства AVR // Сборник докладов 69-й научно-технической конференции ППС СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2016 г. (в печати)

Соммер, У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino. СПб.: Изд-во БВХ-Петербург, 2012 г.

Биоинформатика: анализ белков и ДНК

А.С. Трейерова, Д.В. Ускова

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

Информация подразумевает наличие источника и потребителя. Всякое событие, всякое явление служит источником информации.

Биоинформатика — совокупность методов и подходов, включающих в себя:

- математические методы компьютерного анализа в сравнительной геномике (геномная биоинформатика);

- разработку алгоритмов и программ для предсказания пространственной структуры биополимеров (структурная биоинформатика);

- исследование стратегий, соответствующих вычислительных методологий, а также общее управление информационной сложности биологических систем.

Основными разделами биоинформатики являются:

- компьютерная геномика, решающая проблемы расшифровки генетических «текстов», хранящихся в последовательностях нуклеотидов ДНК (РНК);

- метабономика, исследующая организацию метаболизма клетки и его управления со стороны генома.

Целью биоинформатики является как накопление биологических знаний в форме, обеспечивающей их наиболее эффективное использование, так и построение и анализ математических моделей биологических систем и их элементов.

Геном — длинные цепочки, состоящие из четырех нуклеотидов, организованные в хромосомы, свёрнутые в ядре клетки. Длина генома может достигать миллиардов или даже десятков миллиардов символов. Биологи не умеют считывать геном целиком — только маленькими фрагментами до 150 «букв», да и то с ошибками. Наша задача — восстановить исходный геном по этим кусочкам, или как чаще говорят — собрать.

Если взять задачу сборки генома в самом общем случае — это будет не что иное, как задача о надстроке (shortest superstring problem), которая формулируется следующим образом: найти кратчайшую строку, такую, что каждая строка из заданного набора являлась бы её подстрокой. Эта за-

дача является NP-полной. Но если предположить, что у нас есть все возможные подстроки исходной строки одинаковой длины, задачу можно решить за полиномиальное время.

Сегодня наиболее эффективный метод анализа белков — сравнение со структурами родственных (гомологичных) белков, которые уже расшифрованы. Наиболее близкая из известных последовательностей берется за «точку отсчета», и проводится ее уточнение. Когда пространственная структура белка-мишени установлена, наступает следующий этап: поиск низкомолекулярного вещества, которое, соединившись с белком, будет оказывать нужное фармакологическое действие.

Гены в клетках организма могут взаимодействовать друг с другом посредством своих продуктов — белков. Благодаря подобному взаимодействию образуется генная сеть. Выяснение механизмов функционирования генных сетей представляет принципиально важную задачу, ведь именно они определяют внешние признаки организма и наследственные заболевания.

В XXI веке биология двинулась далеко: многие эксперименты теперь проводятся на компьютере, а материалом для изучения являются последовательности белков и ДНК, а также информация о строении биологических молекул.

Список литературы:

1. Ivan Y. Torshin Bioinformatics in the Post-Genomic Era: The Role of Biophysics, Novapublishers, 2006, ISBN 1-60021-048-1, pp 130-145.
2. Биоинформатика: взгляд изнутри [Электронный ресурс]: блог компании СПБАУ / Хабрахабр — 1 мая 2012 в 18:32. — Режим доступа: http://habrahabr.ru/company/spbau/blog/143115/, свободный.
3. Биоинформатика: виртуальный эксперимент в шаге от реальности [Электронный ресурс]: интернет-портал журнала «Наука и жизнь» вып. № 11, 2004. — Режим доступа: http://www.nkj.ru/archive/articles/310/, свободный.
4. Канапин, А. Биология и информатика: в ожидании третьего прорыва? [Электронный ресурс]: Российский совет по международным делам — 10 ноября 2014. // Режим доступа: http://russiancouncil.ru/ inner/?id_4 = 4741#top-content, свободный.
5. Суп из гвоздя. Ведущий эволюционист рассказал о Мультивселенной и антропном принципе [Электронный ресурс]: Lenta.ru — 1 декабря 2012 в 00.56. // Режим доступа: https://lenta.ru/articles/2012/11/30/koonin/, свободный.

Разработка и реализация мобильного приложения для идентификации абонентов

Д.Д. Хохлова

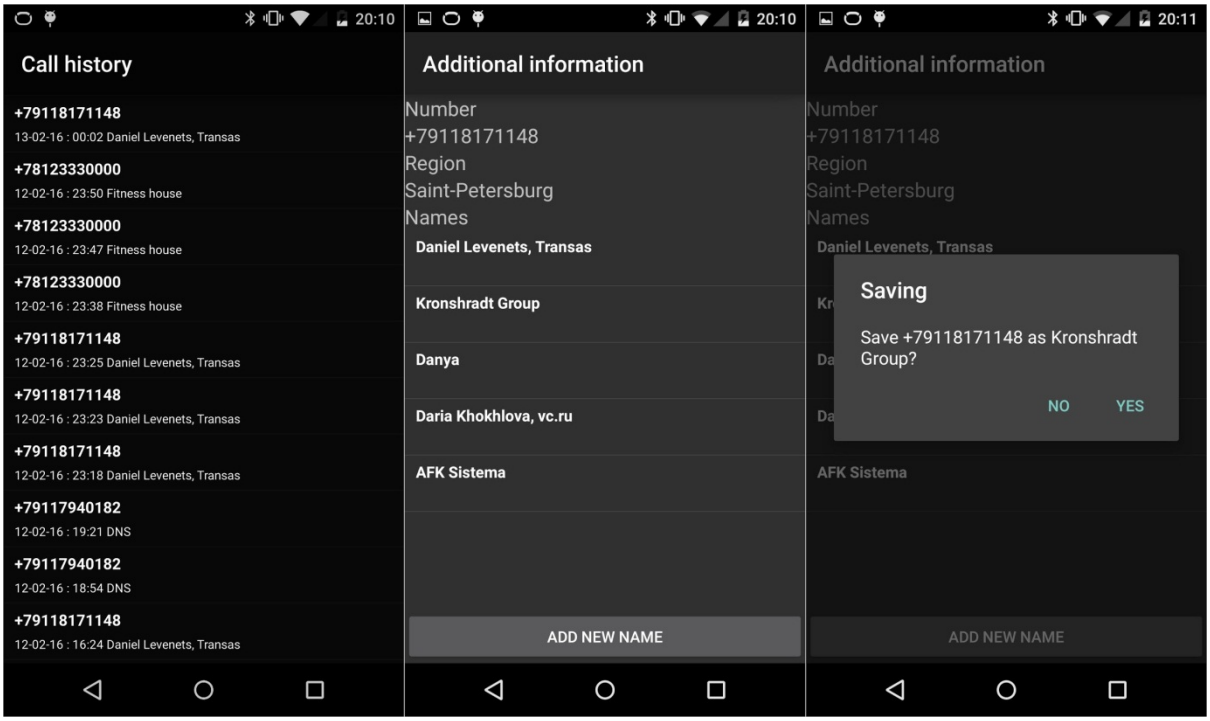
Санкт-Петербургский государственный университет

Определение имени звонящего по телефонному номеру абонента — задача, которая в ИТ-индустрии не решается комплексно. Существующие решения — онлайн-справочники (например, «Жёлтые страницы» [1]), мобильные приложения (TrueCaller [2]), — решают задачу лишь частично, обеспечивая либо быстроту взаимодействия с системой, либо точность подачи информации и её актуальность. Алгоритмы обработки текстов на естественном языке для решения проблемы практически не применяются, хотя с их помощью можно определять не только владельца телефона, но и цель его звонка, анализируя комментарии пользователей в сети Интернет.

Представленная в данной работе система учитывает недостатки упомянутых решений. Система состоит из мобильного приложения на базе Android (платформа .NET, фреймворк Xamarin [3]), двух веб-приложений (фреймворк WCF) и СУБД. В СУБД, созданной на базе Microsoft Azure [4] (решение выбрано, в том числе из-за его масштабируемости), хранятся телефонные номера и варианты имён, которые им присваивают клиенты системы. Кроме того, в ней ведётся учёт рейтинга каждого из вариантов и каждого из клиентов системы. Рейтинг конкретного имени определяется тем, какое количество клиентов подтвердили его состоятельность и каков рейтинг этих клиентов. Рейтинг клиентов зависит от количества добавленных вариантов имён и их рейтинга. Одно из разработанных веб-приложений отвечает за обработку рейтингов. Второе веб-приложение выступает в качестве анализатора, который определяет владельца телефонного номера и цель его звонков, анализируя записи пользователей сети Интернет, собранных с различных специализированных сайтов, с применением алгоритмов обработки естественного языка [5].

В мобильном приложении пользователь может просмотреть историю входящих вызовов, дополнительную информацию по каждому телефонному номеру и предложить собственные варианты имён. При каждом звонке

с неизвестного пользователю номера приложение выводит на главный экран имя с самым высоким рейтингом на текущий момент.



Список литературы:

1. Сайт проекта «Жёлтые страницы» // Режим доступа [проверено 21.02.2016]: http://www.yp.ru/
2. Сайт проекта Truecaller // Режим доступа [проверено 21.02.2016]: https://www.truecaller.com/ru
3. Сайт проекта Xamarin // Режим доступа [проверено 21.02.2016]: https://xamarin.com/
4. Сайт проекта Microsoft Azure // Режим доступа [проверено 21.02.2016]: https://azure.microsoft.com/en-us/
5. Риз Р. Обработка естественного языка на Java. // М.: Издательство ДМК Пресс.

Разнообразный мир компьютеров будущего

Чан Хыу Фыонг, Фан Хан Чьунг, Нгуен Хоанг Хиеп

<u>Молекулярные компьютеры</u>

Недавно компания Hewlett-Packard объявила о первых успехах в изготовлении компонентов, из которых могут быть построены мощные молекулярные компьютеры. Ученые из HP и Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе (UCLA) объявили о том, что им удалось заставить молекулы ротаксана переходить из одного состояния в другое - по существу, это

означает создание молекулярного элемента памяти. По оценкам ученых HP, подобный компьютер будет в 100 млрд. раз экономичнее современных микропроцессоров, занимая во много раз меньше места.

Биокомпьютеры

Применение в вычислительной технике биологических материалов позволит со временем уменьшить компьютеры до размеров нашей клетки. По существу, наши собственные клетки - это не что иное, как биомашины молекулярного размера, а примером биокомпьютера, конечно, служит наш мозг. Вероятно, биологические компьютеры, состоящие из нейроподобных элементов, в отличие от кремниевых устройств, смогут искать нужные решения посредством самопрограммирования.

Оптические компьютер

Целиком оптические компьютеры появятся через десятилетия, но работа в этом направлении идет сразу на нескольких фронтах. Например, ученые из университета Торонто создали молекулы жидких кристаллов, управляющие светом в фотонном кристалле на базе кремния. Они считают возможным создание оптических ключей и проводников, способных выполнять все функции электронных компьютеров.

Квантовые компьютеры

Квантовый компьютер будет состоять из компонентов субатомного размера и работать по принципам квантовой механики. Квантовый мир - очень странное место, в котором объекты могут занимать два разных положения одновременно. Но именно эта странность и открывает новые возможности. Теоретики утверждают, что компьютер, построенный на принципах квантовой механики, будет давать точные ответы, исключая возможность ошибки.

Разработка системы управления шагающим роботом

А.В. Щетнев, Е.С. Хомицкая

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

Шагающие механизмы необходимы в ряде областей техники, где имеют ряд преимуществ перед колёсными и гусеничными механизмами, таких как меньшее потребление энергии, большая скорость на неровных поверхностях, лучшая проходимость. Такие роботы лучше подходят для

передвижения по поверхности со сложным рельефом. Однако разработка таких роботов усложняется за счёт необходимости управления механическими узлами с большим числом степеней свободы.

Основная цель работы — разработать систему управления прототипа шагающего робота.

Этапы разработки системы управления:

- отработка основных функций алгоритма движения средствами микроконтроллера;

- использование удаленного управления объектом с использованием технологий беспроводной передачи данных;

- разработка системы принятия решений на основе показаний датчиков.

Шасси робота состоит из каркаса с четырьмя ногами и одной неподвижной части. Каждая нога состоит из двух подвижных частей. В движение робот приводят 8 сервоприводов. Питание платы и сервоприводов независимы.

Для разработки системы управления роботом была выбрана плата на микроконтроллере Arduino Uno и плата расширения IO Expansion Shield For Arduino V5. Для написания программного обеспечения использовалась среда разработки Arduino IDE.

На данном этапе разработки на микроконтроллере были реализованы простейшие алгоритмы управления движениями робота. Робот может двигаться вперёд, назад, поворачивать направо и налево и обходить препятствия, основываясь на показания с инфракрасного датчика.

В ходе работы главная цель — разработка системы управления шагающего робота — была достигнута, однако она требует доработок. Необходимо реализовать более сложные и эффективные алгоритмы обхода препятствий.

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

Применение флуктуационного анализа для сигнала двигательной деятельности человека

М.С. Ашапкина

Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань

Целью данной работы является повышение эффективности систем мониторинга опорно-двигательного аппарата человека посредством исследования, развития и разработки фрактальных методов анализа сигналов, полученных во время движения человека, на основе флуктуационого подхода. Как отмечается в статье [2], походка человека имеет фрактальные свойства и ее вариабельность можно описать флуктуационным методом.

Флуктуационный анализ в настоящее время является одним из наиболее широко используемых методов исследования длительных корреляций в нестационарных процессах. Он очень часто применяется в исследованиях сложной динамики биологических систем по экспериментальным данным.

Для применения флуктуационного анализа сигнала, характеризующего изменения опорно-двигательного аппарата человека, на стадионе университета был проведен эксперимент. Участники данного исследования выполняли физические нагрузки в виде бега и ходьбы. При осуществлении этих видов физических нагрузок участвуют не только нижние конечности, но и весь организм, поэтому данные нагрузки вызывают большой интерес для исследований [3].

В данном эксперименте участвовали три человека, средний возраст которых 25 лет. У первого испытуемого несколько лет назад была спортивная травма — разрыв связок, поэтому он хромает на правую ногу. Второй не имеет систематической физической нагрузки. Третий участник эксперимента три раза в неделю занимается легкой атлетикой.

Во время ходьбы, до и после бега осуществлялось измерение сигналов, характерных для опорно-двигательного аппарата. Предполагалось, что после физической нагрузки в виде бега естественный темп ходьбы изменится для каждого участника индивидуально, т.к. они имеют разную физическую подготовку. Для анализа сигналов, полученных в ходе эксперимен-

та, была вычислена флуктуационная функция. Скейлинговый показатель α, который определяет наклон аппроксимирующей линии, имеет различные значения для каждого сигнала.

У первого и второго участника скейлинговые показатели после бега уменьшались. Испытуемый с нарушениями опорно-двигательного аппарата имеет самый высокий скейлинговый показатель, равный 1,05 до пробежки, после нее данный параметр сильно не изменился, он уменьшился на 0,06. Значения скейлингового показателя свидетельствуют о наличии длительных корреляций, это связано с нарушением опорно-двигательного аппарата. Первый испытуемый подсознательно контролирует процесс ходьбы, т. к. испытывает дискомфорт при движении и стремится его компенсировать. Скейлинговый показатель второго участника уменьшился по окончании физической нагрузки, но на большее значение — с 0,88 до 0,68. В отличие скейлинговых показателей двух первых участников по завершении бега наклон аппроксимирующей линии третьего испытуемого увеличился с 0,64 до 1,01. Это подтверждает факт лучшей физической подготовки третьего испытуемого и доказывает, что третий участник эксперимента, занимающийся лёгкой атлетикой, обладает более совершенной техникой ритмического построения движения, чем первые два участника.

В результате появился метод распознавания патологических отклонений в режиме работы опорно-двигательного аппарата в реальном времени при повседневной активности человека. Также использование при скрининговом анализе адаптационной способности человека при кратковременных нагрузках. Бег выбран в качестве самой распространенной нагрузки, против которой практически отсутствуют противопоказания. Наиболее перспективным является использование метода в реальном времени на протяжении всего дня, для выявления событий связанных с болями в двигательном аппарате, которые появляются периодически в определенных ситуациях в течение дня.

Список литературы:

1. Покровский В.М., Коротько Г.Ф. Физиология человека. Москва: Медицина, 2007.— 656 с.

2. Jeffrey M. Hausdorff, C. K. Peng, Zvi Ladin, Jeanne Y. Wei, Ary L. Goldberger. Is walking a random walk? Evidence for long-range correlations in stride interval of human gait. Modeling in physiology, Vol 78, №1, 1995. P. 349-358.

3. Павлов А. Н. Методы анализа сложных сигналов. — Саратов: Научная книга, 2008. — 120 с.

Алгоритм решения кубических уравнений в конечном поле и его применение в отрицаемом шифровании

Д.С. Будчан

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

В современном мире одним из системообразующих факторов жизни общества является интенсивное развитие информационной сферы с постепенным переходом к информационному обществу. При этом одной из ключевых составляющих сферы является безопасность личных, коммерческих и государственных данных. Информационная безопасность включает в себя обеспечение конфиденциальности, целостности и доступности информации. Всё это достигается применением различных алгоритмов шифрования исходных данных.

Существуют различные методы шифрования: симметричные и асимметричные, блочные и потоковые. Одним из новых способов криптографического преобразования является отрицаемое шифрование, в котором зашифровываются совместно от двух и более различных сообщений на нескольких различных ключах.

В работах [1, 2] предлагается способ отрицаемого шифрования, суть которого состоит в генерации шифртекста в виде набора коэффициентов уравнений второй, третьей и четвёртой степеней. Открытое шифрование, основанное на генерации степенных уравнений и включающее одновременное шифрование двух и более сообщений, предполагает неоднозначность процедуры расшифрования. Как следствие целью данной работы является разработка алгоритма, обеспечивающего однозначность расшифровки.

Особое внимание было уделено способу, предложенному в работе [3]. В ней рассмотрен новый метод открытого шифрования, состоящий в формировании шифртекста в виде набора коэффициентов A, B и D кубического уравнения

$$x^3 + Ax^2 + Bx + D \equiv 0 \; mod \; n, \qquad (1)$$

где $n = pq, p^2 = 7 \; mod \; 9, q^2 = 7 \; mod \; 9,$ число 3 не делит $(p-1)$ и $(q-1)$.

Процедура расшифрования состоит в решении уравнения (1) в конечном поле и получении однозначного ответа, благодаря чему устраняется проблема неоднозначности расшифрованного текста.

Решение кубических уравнений в простом конечном поле $GF(p)$ включает несколько этапов:

- переход к уравнению, свободному от квадрата неизвестного

$$z^3 + Pz + Q = 0 \, mod \, p; \qquad (2);$$

- вывод формулы для корней кубического уравнения

$$z = \alpha + \beta; \qquad (3);$$

- анализ полученных выражений (так как процесс генерации уравнения вероятностный и зависит от случайных величин, возможны случаи, когда необходим переход в поле $GF(p^2)$, в качестве которого удобно выбрать поле двоичных векторов);

- вычисление корней уравнения (заведомо известно, что решение уравнения существует). При наличии нескольких значений корня следует выбирать удовлетворяющее соотношению:

$$\alpha\beta = -\frac{P}{3}. \qquad (4).$$

Результатом работы является предложение алгоритма решения кубических уравнений в простом конечном поле. Для нахождения корней таких уравнений необходим переход в поле двоичных векторов. Решена проблема неоднозначности корней, получаемых при решении уравнения. Алгоритм может быть использован для построения протокола отрицаемого шифрования, который может применяться в защищённых распределённых вычислениях, тайном электронном голосовании и защите от скупки голосов.

Список литературы:

1. Молдовян Н.А., Вайчикаускас М.А. Расширение криптосхемы Рабина: алгоритм отрицаемого шифрования по открытому ключу // Вопросы защиты информации. 2014. № 2, с. 12—16.
2. Moldovyan N.A., Moldovyan A.A., Shcherbacov V.A. Provably Sender-Deniable Encryption Scheme // Proceedings of «The Third Conference of Mathematical Society of the Republic of Moldova» (IMCS-50). — Chisinau: Institute of Mathematics and Computer Science, Academy of Sciences of Moldova, 2014, p. 134—141.
3. Молдовян Н.А., Молдовян Д.Н., Вайчикаускас М.А. Генерация кубических уравнений как способ открытого шифрования // Вопросы защиты информации. 2015. №2, с. 3—7.

Разметка финансовых временных рядов

В.С. Волобой

Санкт-Петербургский государственный университет

В современном мире задача прогнозирования является весьма популярной и востребованной. Для того чтобы провести прогноз, данные сначала необходимо подготовить. В данной работе предлагается новый вариант разметки финансовых временных рядов, который в последующем можно использовать как этап подготовки данных к прогнозированию.

Метод построения разметки заключается в свойствах экспоненциальных средних. Пользуясь эффектом сглаживания экспоненциальных средних можно добиться того, будут выделены соответствующие тренды, то есть направления движения временных рядов.

В рамках данной работы придуман и апробирован алгоритм выделения трендов с помощью двух экспоненциальных средних. В дальнейшем данный приём можно использовать как подготовительный этап прогнозирования финансовых временных рядов.

Вычисление параметров музыкального произведения для определения эмоционального окраса

Т.Р. Жангиров

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

В последнее время в медиа-сфере набирают популярность сервисы, осуществляющие подбор музыки в зависимости от настроения пользователя, а также сервисы для построения видеоряда по заданной музыкальной композиции. Данное исследование направлено на вычисление параметров музыкальных произведений для определения их эмоционального окраса.

Цель исследования — разработать алгоритмы для вычисления параметров музыкальных композиций и дальнейшего анализа полученных параметров.

Методика проведения исследования заключается в обработке аудисигнала формата PCM. Обработка нацелена на определение двух параметров звука: громкости и темпа.

Для вычисления громкости исходный сигнал рассматривается как последовательность сигналов меньшей длительности (участки по 1 сек.). Для каждой последовательности вычисляется ее мощность, которая представляет собой отношение энергии данного участка сигнала к его длительности. Мощность каждого участка — его громкость. Формируем последовательность значений громкости для каждого участка сигнала. Чтобы проанализировать полученный ряд громкостей можно применить два подхода.

Первый заключается в том, чтобы среди полученных значений громкости можем найти максимальное значение и вычислить среднее значение для всей последовательности. Вводится специальный коэффициент, равный отношению среднего значения и максимальной громкости. По величине коэффициента можно судить о том, насколько близко среднее значение к максимальному значению. Чем ближе значение коэффициента к единице, тем значения громкости на всех участках близки к максимальному. Если значение коэффициента много меньше единицы, то можно сказать, что в рассматриваемом сигнале имеется скачок громкости, не влияющий на громкость всего сигнала (громкости отдельных участков много меньше максимальной громкости). Таким образом, специальный коэффициент и среднее значение громкости сигнала позволяют оценить общую громкость, а также сравнивать громкости сигналов.

Второй подход заключается в разбиении громкости по интервалам. Рассчитывается плотность распределения наблюдаемых пиков громкости. Можно сказать, что основная громкость сигнала содержится в тех интервалах, где значение плотности наибольшее.

Вычисления темпа музыкальной композиции происходит следующим образом: для каждых 5 сек. композиции рассчитывается АКФ для задержек, равных {1/12; 2/12; … 2 сек}. Темп представляет собой значение задержки, при котором АКФ достигает максимум. Вычислив темп для каждого 5-секундного интервала композиции, получим последовательность значений, которую можно анализировать способами, рассмотренными при анализе громкости.

Согласно разработанной методике, результаты оценки громкости и темпа представимы в двух видах: значение специального коэффициента и среднее значение параметра, или в виде интервала с максимальной плотностью. Для этих параметров можно построить двумерную систему коор-

динат, где на одной оси — значения громкости, а на другой — темпа. На такой системе координат анализируемый сигнал представляется в виде точки или области. По оси громкости можем судить о негативности/позитивности, по оси темпа — о спокойствии/энергичности эмоциональной составляющей композиции.

Список литературы:

1. Солонина А.И., Клионский Д.М. и др. Цифровая обработка сигналов и MATLAB. СПб.: БХВ-Петербург, 2014. — 512 с.
2. Yi-Hsuan Yang, Chia-Chu Liu, and Homer H. Chen Music Emotion Classification: A Fuzzy Approach // Proceeding MM '06 Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimedia, с. 81-84
3. Toiviainen P., Eerola T. Classification of Musical Metre with Autocorrelation and Discriminant Functions // In Proceedings of the 6th International Conference on Music Information Retrieval. London, UK. September 11-15. 2005, с. 351-357

Применение DEEP LEARNING для распознавания изображений

И.С. Кувшинов

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

В течение последних нескольких лет наблюдается повышенный интерес к возможности распознавать образы. Методы, использующие глубокое обучение нейросетей (deep neural networks), заняли ведущее положение в распознавании образов. Сейчас глубинное обучение (ГО) используется во многих отраслях: в маркетинговых исследованиях, имитация физических процессов, в распознавании образов. В будущем способность правильно принимать и обрабатывать визуальную информацию из окружающего мира может привести к созданию машин, которые смогут полностью заменить человеческий труд во многих отраслях.

Показаны принципы работы алгоритмов распознавания образов, их обучения с помощью нейронных сетей для правильного понимания изображения.

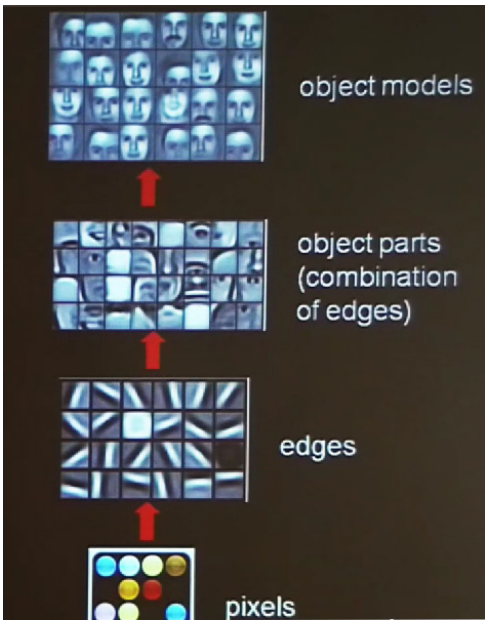


Рис. 1. Процесс распознавания изображения.

Алгоритм разбивает изображение на множество маленьких фрагментов, затем находит основные геометрические объекты (такие как черточки, полоски), на основе разности контрастов, и использует нейронную сеть для распознания. Процесс разбит на несколько слоев. На каждом слое более маленькие фрагменты объединяются в большие и заменяются распознанными из нейронной сети.

В работе показаны основные сложности в распознавании объектов и представлены примеры их решений. Задача, с которой легко справляется пятилетний ребенок, такая как, например, отличить кошку от собаки, еще до недавнего времени представлялась практически невозможной для решения программными средствами с допустимой границей погрешности.

В исследовании показано как происходит распознавание изображения и как для этого используется глубинное обучение.

Список литературы:

1. Заенцев И.В. Нейронные сети: основные модели. — М.: Наука,1999.—76с.
2. Суровцев И.С., Клюкин В.И., Пивоварова Р.П. Нейронные сети. — Воронеж: ВГУ, 1994. — 224 с.
3. Nikhil Buduma — Fundamentals of Deep Learning — 2015 — 150 с.
4. Мерков А. — Распознавание образов. Введение в методы статистического обучения — 2011 — 256 с.

Визуализация моделей, построенных средствами Data Mining, на примере ассоциативных правил

И А. Мотовилов

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

Использование электронных вычислительных машин во всех сферах человеческой деятельности привело к осознанию важности задач, связанных с анализом накопленных знаний и получения на его основе новых знаний. Возникла потребность в создании хранилищ данных и систем поддержки принятия решений, основанных, в том числе, и на методах теории искусственного интеллекта.

С каждым годом растет объем информации, хранящийся в базах знаний. Поэтому очень малая ее часть может когда-либо быть увидена человеческим взором. Здесь на помощь человеку приходят автоматические средства извлечения знаний из баз данных [1].

Технология Data Mining изучает процесс нахождения новых, действительных и потенциально полезных знаний в базах данных. Data Mining лежит на пересечении нескольких наук, главные из которых — это системы баз данных, статистика и искусственный интеллект.

Скрытые знания, которые находятся средствами Data Mining, представляются в виде моделей данных, которые не всегда удобны для восприятия человеком. Например, модели данных могут представлять собой математические функции или объединения нескольких однородных элементов. Аналитику, которому эти модели потребуются для создания гипотез и дальнейшего принятия решений, будет трудно их анализировать.

В связи с этим, возникает потребность в визуализации моделей знаний — представления их в форме, максимально удобной для аналитика.

Одной из моделей Data Mining являются *ассоциативные правила*. Ассоциативные правила позволяют находить закономерности между связанными событиями. Примером такого события служит утверждение, что покупатель, покупая хлеб, купит и молоко с вероятностью 72%.

На сегодняшний день существуют определенные решения визуализации ассоциативных правил. Так, например, в библиотеке Xelopes ассоциативные правила представляются в виде трехмерных гистограмм [2].

С развитием технологий облачных хранилищ, появилась возможность обрабатывать данные, используя вычислительные средства третьей стороны.

Целью данной работы является исследование возможностей визуализации модели знаний, используя в качестве программного обеспечения окно браузера.

Список литературы:

1. Технологии Анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 384 с.
2. Архитектура библиотеки Xelopes.
3. http://www.prudsys.de/en/technology/research.html

Исследование фильтра Калмана в задачах повышения эффективности измерений посредством МЭМС (9-ти осевых) датчиков движения

Н.В. Размочаева, В.В. Чернокульский

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

При использовании измерительных приборов (датчиков или сенсоров движения) сталкиваются с проблемой наличия шумов в сигнале. Одно из решений проблемы — фильтрация данных. Фильтр Калмана — адаптивный фильтр, система, параметры которой адаптируются к сигналу с заранее неопределенной статистической моделью, позволяющий использовать информацию о физике процесса. Если при исследовании реальных процессов (с применением детектирования положения объектов — участников процесса — в пространстве) на базе разработанной физико-математической модели использовать фильтр Калмана, то можно получать результаты, которые в дальнейшем удобнее анализировать. Данная тема актуальна в области анализа выполнения спортивных элементов (например, трюков) в экстремальных видах спорта. По необработанным показаниям датчиков, в связи с теми или иным причинами, невозможно объективно судить о том, какое положение в пространстве занимал спортсмен при выполнении элемента, а так же какой именно элемент или трюк был выполнен, и насколько качественно было выполнение.

Цели данного исследования заключаются в разработке физико-математических моделей выполнения спортивных элементов для применения их в адаптации показаний датчиков с использованием фильтра Калмана. Ожидается получить возможность работать с реалистичными данными, которая позволяла бы производить объективный анализ выполнения спортивного элемента.

Методика проведения исследования заключается в математическом рассмотрении физического процесса выполнения спортивного элемента с целью получить его физико-математическую модель. На базе физико-математических моделей создаются «образцовые» показания датчика. В математическом пакете MATLAB осуществляется применение фильтра к векторам значений: образцовых и реальных. В результате фильтрации получаем адаптированные реальные показания датчика к их «образцовым» эквивалентам.

Согласно предложенной выше методике была рассмотрена задача прямолинейного равноускоренного спуска объекта с наклонной плоскости с отслеживанием скорости тела. Из второго закона Ньютона $\vec{F} = \vec{F}_m + \vec{F}_{mp} + \vec{N}$ (1) было получено $a = g(\sin(\alpha) - \mu\cos(\alpha))$ (2) — ускорение тела и скорость $v = g(\sin(\alpha) - \mu\cos(\alpha))t$ (3). Так как проведение эксперимента в реальных условиях пока не возможно, был разработан метод генерации показаний акселерометра датчика: $a_x = a\cos(\alpha)$ $a_y = a\sin(\alpha)$ (4), с учетом (2): $a_x = g(\sin(\alpha) - \mu\cos(\alpha))\cos(\alpha)$ $a_y = g(\sin(\alpha) - \mu\cos(\alpha))\sin(\alpha)$ (5). Таким образом, формула для генерации составляющих скорости в момент времени n: $v_{x,n} = v_{x,n-1} + a_{x,n}\Delta t$ $v_{y,n} = v_{y,n-1} + a_{y,n}\Delta t$ (6), и скорость: $v_n = \sqrt{v_{x,n}^2 + v_{y,n}^2}$ (7). В результате применения фильтра Калмана произведена адаптация «реальных» показаний к «образцовым».

И в заключение, чтобы добиваться повышения точности показаний датчиков применительно к задачам экстремального спорта с целью дальнейшего анализа произведенного элемента или трюка, можно, с опорой на разработанную физико-математическую модель процесса выполнения элемента, использовать фильтр Калмана. Фильтр Калмана способствует выделению полезного сигнала из показаний датчика путем адаптации последних к «образцовым» значениям, полученным с помощью физико-

математической модели. Результаты адаптации не теряют физического смысла и не содержат помех и шумов, появляющихся из-за датчика. По адаптированным показаниям датчика можно производить анализ рассматриваемого процесса и оценивать качество его протекания.

Список литературы:

1. Сергиенко А.Б. Алгоритмы адаптивной фильтрации: особенности реализации в MATLAB // Exponenta Pro. Математика в приложениях. 2003. №1. С. 18-28.
2. Уидроу Б., Стернз С. Адаптивная обработка сигналов. — М.: Радио и связь, 1989. 440 с.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕХАТРОНИКА

Анализ сигналов и выбор оборудования для измерения электрических параметров индуктора при индукционной плавке в холодном тигле

А.О. Акимов, А.В. Вавилов, Д.Б. Лопух, А.П. Мартынов

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

Для проведения качественных измерений высокочастотных параметров индуктора требуется анализ сигналов тока и напряжения индуктора и выбор аналого-цифровых преобразователей (АЦП) по следующим основным параметрам: разрядность, частота опроса и объем встроенной памяти. Все эти параметры АЦП влияют на точность и время измерения электрических параметров индуктора, что определяет возможности систем контроля и управления, а также на стоимость АЦП, которая может различаться в несколько раз [1].

Для определения ключевых факторов, влияющих на вычисление высокочастотных электрических параметров индуктора, в среде NI LabVIEW было разработано программное обеспечение, представляющее собой генератор сигналов тока и напряжения индуктора, который совмещен с программой математической обработки выборок мгновенных значений тока и напряжения индуктора с последующим вычислением электрических параметров индуктора [1]. Основное назначение разработанной программы — это генерирование сигналов тока и напряжения индуктора по характеристикам максимально приближенных к их реальным сигналам, которые наблюдаются при индукционной плавке в холодном тигле (ИПХТ).

В качестве основных целей исследования можно выделить:

1. Формирование сигнала, содержащего амплитудную модуляцию, фазовую модуляцию, шум и несколько гармоник высших порядков.

2. Изучение влияния факторов, перечисленных в п. 1, на качество вычисления электрических параметров индуктора, в частности, действующих

значений тока и напряжения индуктора, а также разности фаз между первыми гармониками тока и напряжения индуктора.

3. Определение влияния параметров и режимов работы АЦП на качество аналого-цифрового преобразования сигналов индуктора, в частности, влияние частоты опроса F_s, длины выборки S и разрядности АЦП.

Для определения наличия гармоник высших порядков в NI LabVIEW был проведѐн частотный анализ выборок мгновенных значений тока и напряжения индуктора, полученных при экспериментальных плавках в печи ИПХТ. В исследованном диапазоне экспериментальных данных, а также схожих условиях плавки и аналогичных настройках двухконтурной схемы лампового генератора из гармоник высших порядков в основном наблюдаются 2-я, 3-я, 5-я и 7-я гармоники с амплитудами до 4,5%, 7,5%, 2% и 1% от амплитуды основной гармоники, соответственно. На рисунке показан пример модельного сигнала в сравнении с реальным сигналом, где Uтест — сигнал датчика напряжения на индукторе, полученный в эксперименте, а Uмод — сигнал, сгенерированный в программной модели.

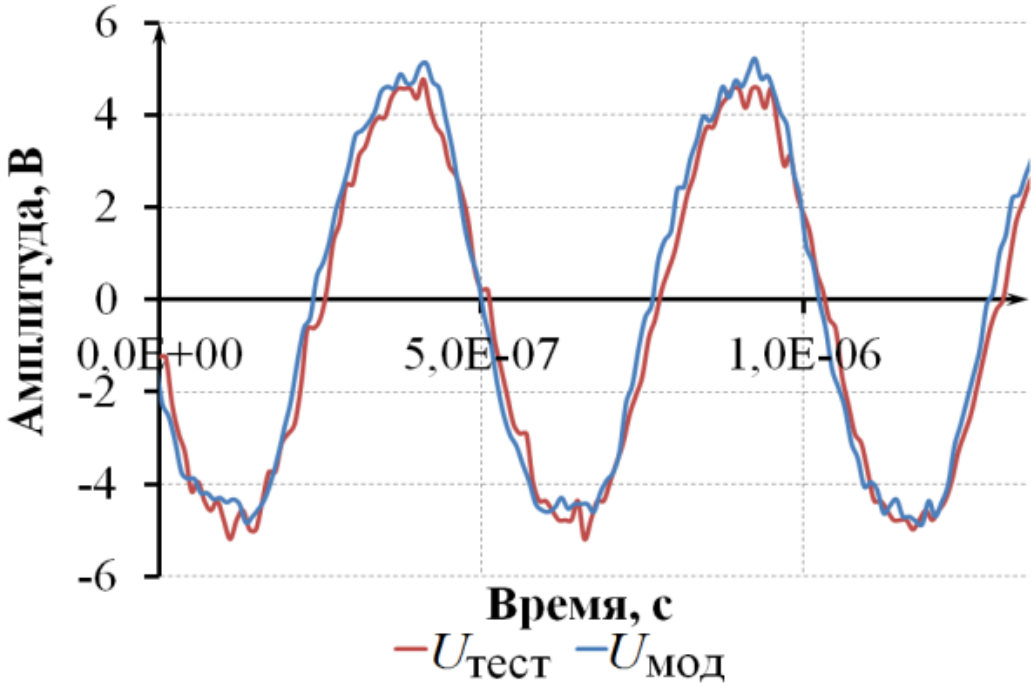


Рис. 1. Сравнение формы сигналов.

Исследование влияния параметров АЦП на качество измерения сигнала проведено в диапазоне частот опроса от 3 МГц до 1 ГГц, длин выборок от 256 до 8192 тыс. отсчетов и разрядности АЦП 8 и 12 бит. В результате исследования было установлено, что для аналого-цифрового преобразования сигналов тока и напряжения индуктора при ИПХТ на ча-

стоте тока 1,76 МГц и при использовании в качестве источника питания лампового генератора можно рекомендовать АЦП разрядностью 8 бит с частотой опроса 5 МГц на канал и памятью 1 Мб на канал. Результаты исследований будут использованы в системах измерения высокочастотных параметров индуктора для инновационных печей ИПХТ повышенной надежности и производительности [2].

Список литературы:

1. Вавилов А.В. Исследование тепловых и электрических параметров плавки оксидов и стекол в индукционной печи с холодным тиглем: дис. канд. техн. наук: 05.09.10 / Вавилов А.В.; СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — СПб., 2011. — 226 с.
2. Обоснование новой российской концепции построения установки остекловывания радиоактивных отходов методом индукционной плавки в холодных тиглях / Лопух Д.Б. // Вопросы радиационной безопасности, №2, Озерск, 2009, с. 26-32.

Остекловывание радиоактивных отходов методом ИПХТ с использованием СВЧ энергии

И.В. Альгин, Д.Б. Лопух, А.П. Мартынов

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

Остекловывание радиоактивных отходов имеет довольно много технологических и аппаратурных решений. Из них одним из наиболее эффективных методов переработки РАО является индукционная плавка в холодном тигле (ИПХТ) [1, 2].

Однако, использование технологии ИПХТ в промышленном производстве сопровождается весьма высокими энергетическими затратами на варку стекла, составляющими в зависимости от влагосодержания от 0,5 до 3 кВт·ч на 1 кг стекла, при этом мощность установок составляет сотни киловат. В этой связи важной проблемой при реализации и совершенствовании данной технологии является повышение производительности, уменьшение габаритов и массы плавителя, благодаря повышению энергетической эффективности установки. Одним из направлений решения данной проблемы является комбинирование печи ИПХТ с СВЧ нагревом, электрический КПД которого составляет около 85%, что выше КПД печи ИПХТ с холодным тиглем из нержавеющей стали [3]. Это позволяет повысить электрический КПД всей установки, а также что наиболее важно, значительно

увеличить тепловой КПД благодаря выделению СВЧ энергии в тонком поверхностном слое на границе расплава стекла и шихты РАО, где тепловые потери являются минимальными. Таким образом, энергия ЭМ поля от СВЧ нагрева выделяется в месте плавления шихты, лежащей на поверхности расплава, и расходуется на увеличение скорости плавления шихты.

Цель работы состоит в проектировании новой индукционной печи с холодным тиглем для варки стекла с дополнительным СВЧ нагревом. В литературе не найдено публикаций по данной теме.

При использовании ИПХТ скорость плавления шихты оксидов или стекла определяется температурой расплава на поверхности ванны и составом шихты. Повышение температуры поверхности расплава связано с увеличением температуры во всем объеме ванны расплава, повышением тепловых потерь от расплава и снижением термического КПД печи. Использование СВЧ нагрева и подогрева поверхности ванны расплава позволяет:

Обеспечить стартовый СВЧ нагрев некоторых систем оксидов и стекол, а также повторный запуск печей.

Осуществить избирательный локальный нагрев шихты, расплава и их пограничных слоев в тонких слоях, что повысит термический КПД и производительность печей ИПХТ.

Благодаря высокому электрическому КПД СВЧ печи (85%) повысить общий электрический КПД нагрева, особенно при использовании холодных тиглей из нержавеющей стали.

В настоящее время в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» на кафедре ЭТПТ ведется математическое моделирование экспериментальной установки ИПХТ-СВЧ с помощью программного пакета Comsol Multiphysics для обеспечения оптимальных условий проведения эксперимента в реальных условиях. Расчетные схемы и некоторые результаты представлены на рисунках 1 и 2.

Кроме того, создается экспериментальный стенд для реализации данной технологии с использованием частот тока 5,28 МГц (ИПХТ) и 2,4 ГГц (СВЧ). На данном этапе собран макет плавильного устройства.

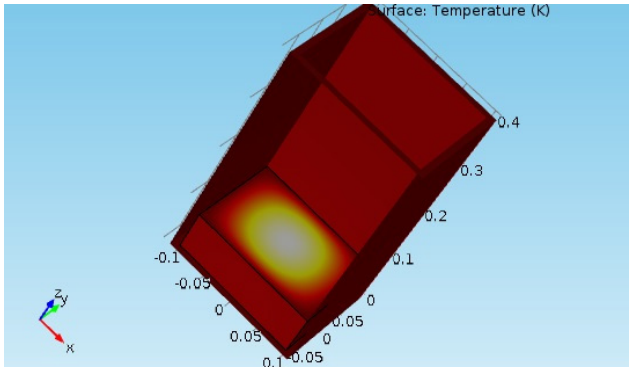


Рис. 1. Графическое представление СВЧ нагрева в декартовой системе координат.

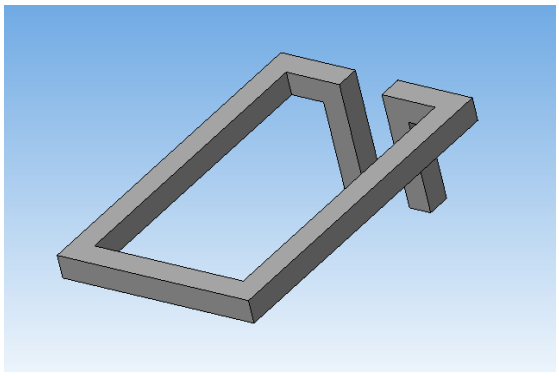


Рис. 2. Графическое представление Индуктора (ИПХТ) в декартовой системе координат.

Установка содержит два генератора — ламповый для печи ИПХТ и магнетронный для СВЧ нагрева. Подвод энергии СВЧ ЭМ поля к печи ИПХТ осуществляется прямоугольным волноводом, в котором устанавливается стоячая волна при интерференции испускаемых от магнетрона и отраженных волн от поверхности расплава. Под холодным тиглем установлен плоский индуктор, а боковая стенка тигля является электрически замкнутой и водоохлаждаемой. Настоящая работа является инициативной и проводится на базе установок кафедры ЭТПТ СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

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. Вавилов А.В., Мартынов А.П. Энергетические характеристики индукционных печей с холодными тиглями в режиме реального времени при остекловывании РАО. Евразийский Союз Учёных (ЕСУ) №4 / 2014 (часть 4), 2014, с. 133-136.

Оптимизация схемы согласования инвертора напряжения для минимизации помех со стороны индукционной нагрузки на коммутационные процессы силовых транзисторов

Н.Г.Балашенко, А.П.Смирнов, И.Ю.Абдулхаков

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

На сегодняшний день в отрасли тяжелого машиностроения часто возникает потребность в создании определенного температурного поля для нагрева деталей, обладающих большими массогабаритными показателями. Для решения этой задачи используется групповой индукционный нагрев локальных зон крупногабаритных деталей.

Практически было установлено, что при нагреве детали таким способом между индукторами возникает магнитная связь, вследствие чего источники питания работают нестабильно. Основная причина нестабильности заложена в особенности физических процессов, протекающих в таких индукционных системах. Влияние на источник питания происходит через нагрузку. Таким образом, данная система требует особого подхода к ее реализации. На рис. 1 изображены амплитудно-частотные характеристики колебательных контуров.

При работе инверторов напряжения на близких резонансных частотах помеха значительно ухудшала коммутационные процессы силовых транзисторов, что видно на рис. 1а. Оптимальным же вариантом является амплитудно-частотная характеристика контуров, изображенная на рис. 1б.

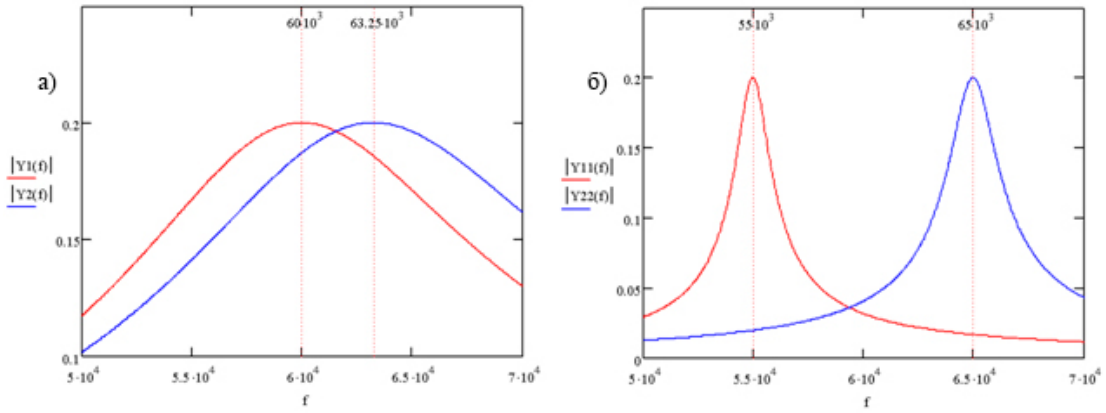


Рис. 1. Амплитудно-частотные характеристики:
а) данная АЧХ, б) желаемая АЧХ.

Как видно из графиков, ключом к решению данной проблемы является повышение добротности контуров и увеличение их избирательной способности.

Увеличение добротности контура достигается путём включения последовательно с индуктором дополнительной индуктивности. Однако это не позволяет достаточно исключить помехи.

Так же уменьшение влияния магнитосвязанных систем друг на друга достигается путем разнесения резонансных частот инверторов, а именно корректировкой величины емкости компенсирующего конденсатора.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \ <=> \ C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L}$$

Благодаря этим действиям коммутационные процессы силовых транзисторов получаются мягкими и амплитуда помех сводится к минимально возможному значению.

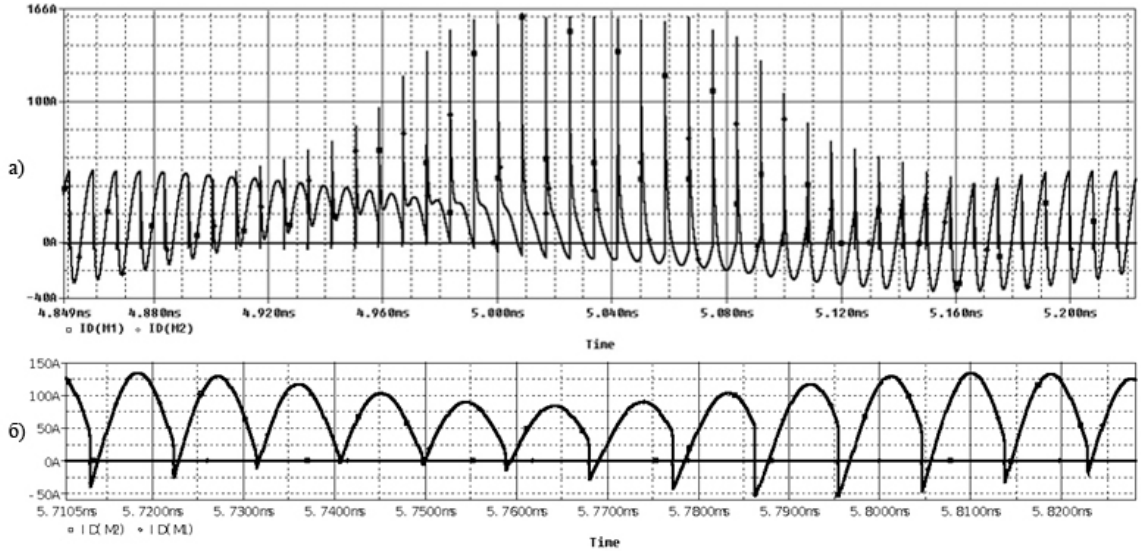


Рис. 2. Токи транзисторных ячеек:
а) ток транзисторных ячеек без оптимизации,
б) ток транзисторных ячеек с оптимизацией.

Таким образом, данный метод обеспечивает легкость и простоту решения поставленной задачи. Основной задачей для практической реализации метода является подбор параметров, номинальных для данного технологического процесса, изменением значений параметров контура и получение допустимого значения помехи.

Обзор научной литературы по управлению шаговым двигателем

Е.В. Бобров

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

Гибридный шаговый двигатель используется в системах, где существует необходимость позиционирования. Главные его преимущества перед асинхронными двигателями с преобразователями частоты — это простота управления позицией вала электродвигателя, низкая стоимость и способность развивать достаточно большой момент при малых частотах вращения. Для управления шаговым двигателем необходимо всего лишь подавать в правильной последовательности импульсы на обмотки двигателя.

Цели, преследуемые в научно-исследовательской работе:

- обзор математических моделей шагового двигателя;
- экспериментальное исследование характеристик ШД;
- проектирование лабораторного стенда для исследования ШД;
- разработка принципиальной электрической схемы лабораторного стенда;
- разработка УМК по теме «Исследование характеристик шагового двигателя» в рамках дисциплины: «Электромеханотронные преобразователи энергии».

Актуальность работы, связанной с шаговым двигателем, заключается в востребованности такого электропривода на производстве ввиду его низкой стоимости и простоты управления.

Сканирующая индукционная закалка цилиндрических деталей

В.О. Быкадоров, И.А. Рааб, С.В. Дзлиев

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

ООО «Интерм»

На производстве часто сталкиваются с задачами полной или локальной сканирующей закалки валов и других цилиндрических деталей.

Актуальность этой темы связана с тем, что характеристики индукционного технологического комплекса подбираются индивидуально для каждого процесса закалки и конкретной детали. Это зависит от поставленной задачи при закалке и связано с разнообразием размеров и форм закаливаемых деталей.

Для каждой технологии, размеров, электромагнитных и теплофизических свойств материала нагреваемого тела существует оптимальный частотный диапазон, в котором достигаются наилучшие энергетические показатели, и увеличивается производительность технологического процесса. Вместе с этим необходимо решить задачи оптимального охлаждения заготовки для осуществления качественной закалки.

Сканирующая индукционная поверхностная закалка — разновидность термической обработки, при которой материал подвергают быстрому поверхностному нагреву (для стали примерно 900°C) с последующим интенсивным охлаждением, причём с движением индуктора и заготовки. Поверхностная закалка стальных деталей выполняется для получения высокой твёрдости и прочности на износ поверхностного слоя при сохранении гибкости и пластичности сердцевины.

Глубина закалённого слоя зависит от частоты, удельной мощности и скорости движения индуктора над поверхностью детали. Чем выше частота, больше удельная мощность и скорость, тем меньше глубина закалённого слоя.

Целью работы является определение основных методов решения технологического процесса сканирующей индукционной закалки цилиндрических деталей, а также обоснование выбора определённых технологий для достижения заданного результата.

В данном проекте рассмотрено несколько случаев сканирующей индукционной закалки. В первом случае проведена закалка цилиндрической стальной заготовки кольцевым индуктором, во втором — массивной стальной трубы плоским индуктором.

На рисунке 1 продемонстрирована закалка цилиндрической заготовки, движущейся вдоль своей оси вращения, в поле кольцевого индуктора.

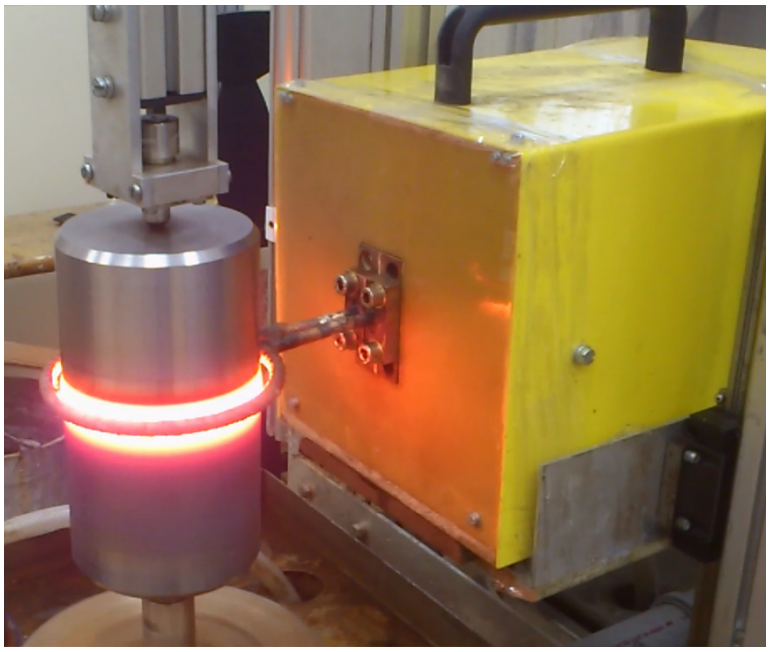


Рис. 1. Сканирующая закалка кольцевым индуктором.

На рис. 2 продемонстрирована закалка с помощью плоского индуктора-спрейера массивной трубы в месте предполагаемого износа. На индукторе закреплён магнитопровод.

Рис. 2. Сканирующая закалка плоским индуктором.

В обоих случаях заготовки вращаются вокруг своей оси, и нагретая локальная область поверхности под индуктором перемещается, пока не будет обработана вся требуемая поверхность детали. В первом случае применён кольцевой индуктор без спрейера и заготовка охлаждается в глубину за счет теплопроводности. Во втором случае заготовка охлаждается водой, вытекающей под большим давлением из отверстий в трубке индуктора-спрейера.

В ходе выполнения работы было определено, что кольцевой индуктор является оптимальным решением для закалки детали, имеющей цилиндрическую форму с относительно небольшими габаритами. Закалку цилиндрических поверхностей большого диаметра целесообразно производить плоским индуктором с магнитопроводом при медленном вращении цилиндрической детали вокруг своей оси на один оборот.

Промышленный экзоскелет «Миротворец»

В.В. Лебедев

Южный федеральный университет

Экзоскелет «Миротворец» — активный экзоскелет с электро-гидравлической системой мышечного усиления, датчиками и элементами питания. Предназначен для повышения уровня качества производства в отрасли тяжелой промышленности, а также снижения уровня травмоопасности и как следствие риска потери здоровья. Традиционно работа на заводах связана с высокими нагрузками на организм в целом. По данным Федерального центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, в 2012 году количество работников металлургического производства, имеющих заболевания, связанные с воздействием на их здоровье физических перегрузок и с перенапряжением отдельных органов и систем, составило ~ 47%, в 2013 — ~50%. Данные статистики характеризуют возрастающую динамику заболеваний, связанных с физическими перегрузками, что доказывает актуальность поставленной проблемы.

Экзоскелет «Миротворец» представляет собой проект электро-механического устройства для усиления мышечной силы человека, с глубоким потенциалом модернизации. Целью проекта является создание рабочего прототипа, включающего в себя электро-гидравлическую систему мышечного усиления, датчики усилия, микроконтроллеры, элементы питания, а так же разработку программного обеспечения. Экзоскелет «Миротворец» обладает технологически лаконичным конструктивным решением, которое позволяет достаточно быстро и эффективно организовать серийное производство модели.

Управление экзоскелетом осуществляется с помощью микроперемещений пьезоэлектрических датчиков, передающих сигналы на микроконтроллеры, преобразующие электрические сигналы в механическую си-

лу при помощи электро-гидравлической системы. Принципиально новым конструктивным решением является применение датчиков усилия на основе современных отечественных бессвинцовых пьезоэлементов, преимуществами которых являются:

- Экологичность
- Меньший удельный вес
- Малые габариты
- Простота и надежность конструкции
- Высокая скорость отклика

В разрабатываемом проекте важное место занимает подбор материалов и функциональных составляющих конструкции: композитные материалы корпуса, такие как композиционные материалы с металлической матрицей, бессвинцовая пьзокерамика, разработанная в НИИ Физики ЮФУ, энергоемкие аккумуляторы.

Технические характеристики экзоскелета:

- Масса костюма: ~20-25 кг
- Груз, поднимаемый оператором: 70-100 кг
- Габариты: 160см*69см*21см
- Время работы без подзарядки: 2-2.5 часа

Существующими аналогами экзоскелета со схожим функциональным назначением являются американский Lokheed Martin «FORTIS» и проект японского экзоскелета фирмы Honda. Но при этом экзоскелет «Миротворец» обладает некоторыми весомыми преимуществами.

Преимущества экзоскелета «Миротворец» перед аналогами:

1) Более широкий спектр функциональных возможностей, за счет «активной» конструкции.

2) Использование перспективных отечественных инновационных материалов.

3) Значительно более низкая цена.

4) Технологическая адаптация модели к производству.

5) Энергоэффективность.

6) Актуальность и востребованность на российском рынке.

Система управления маневром парковки робота

Е.В.Серых

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

Целью данной работы является разработка системы управления автономной парковкой четырёхколёсного робота.

Задачи, рассматриваемые в данной статье, включают в себя обзор существующих разработок в области автономной парковки, составление математического описания четырёхколёсного транспортного средства с рулевым управлением Аккермана и создание компьютерной модели мобильного робота. Кроме того, разработку принципа формирования траектории движения при параллельной и перпендикулярной парковке, системы управления выполнением маневров парковки четырёхколёсного транспортного средства и её прототипирование с помощью макета, созданного на базе LEGO Mindstorms NXT 2.0.

В современном, быстроразвивающемся мире автомобиль уже давно перестал быть роскошью. По статистике автомобильный транспорт имеется у каждого четвёртого жителя России, и темпы автомобилизации постоянно растут. В условиях рыночной экономики производителям постоянно приходится разрабатывать и внедрять всё новые комплексы, улучшающие характеристики автомобиля.

Автономная парковка — это система маневров, позволяющих автомобилю осуществлять параллельную, перпендикулярную или угловую парковку. Маневр парковки осуществляется посредством координированного управления углом поворота рулевого колеса и скорости, которая учитывает реальную обстановку в окружающей среде, чтобы обеспечить движение без столкновений в пределах доступного пространства.

В конструкции мобильного робота, который выступает объектом управления в данной работе, были реализованы те же принципы, что и в конструкции заднеприводного легкового автомобиля. Рулевое управление робота осуществляется по принципу Аккермана.

Система управления автономной парковкой состоит из нескольких уровней: нижний уровень — это система управления приводами, позволяющие регулировать величину угла поворота рулевых колёс, двигаться

с определённой постоянной скоростью, а также осуществлять позиционирование робота на заданное расстояние. Верхний уровень, который в свою очередь разделяется на две системы: система поиска свободного пространства и система управления движением по криволинейной траектории.

В данной статье рассматривается подход к формированию траектории движения, который позволяет задействовать минимальную длину необходимой области стоянки и выполнить движение вдоль дуг при совершении маневра разнородной парковки. Для получения соответствующего результата используется максимально возможный угол поворота рулевых колёс.

В процессе разработки принципа формирования траектории были приняты следующие допущения: окружающая обстановка остаётся неизменной, отсутствует проскальзывание колёс, маневр совершается на ровной поверхности.

В настоящей работе рассмотрены принципы формирования траектории, позволяющие эффективно задействовать доступную для стоянки область и минимизировать время и сложность траектории, разработана система управления четырёхколёсным транспортным средством, реализующая выполнение маневра парковки. Корректность предложенных алгоритмов подтверждена моделированием в среде MATLAB Simulink и макетными испытаниями на миниатюрном четырёхколёсном роботе.

Список литературы:

1. Song B. Cooperative later vehicle control for autonomous valet parking: International Journal of Automotive Technology, Vol. 14, No. 4, 2013, pp. 633−640.
2. Darıo Maravall, Miguel Angel Patricio, Javier de Lope Automatic Car Parking: A Reinforcement Learning Approach: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, IWANN 2003, LNCS 2686, pp. 214-221.
3. Tzuu-Hseng S. Li, Chi-Cheng Chang, Ying-Jie Ye, and Gui-Rong Tasi Autonomous Parking Control Design for Car-Like Mobile Robot by Using Ultrasonic and Infrared Sensors : RoboCup 2005: Robot Soccer World Cup IX, LNAI 4020, 2006, pp. 472-479.
4. Bo-Chiuan Chen, Yi-Wen Huang, Shiuh-Jer Huang, Bo-Jhao Liu Design of Autonomous Parallel Parking Using FuzzyLogic Controller with Feed-Forward Compensation: Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010, LNEE 67, 2010, pp. 687-694.
5. F. Cuesta and A. Ollero Intelligent Mobile Robot Navigation: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, STAR 16, 2005, pp. 159–188.
6. Emese Szadeczky-Kardoss, Balint Kiss Path Planning and Tracking Control for an Automatic Parking Assist System: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, STAR 44, 2008, pp. 175-184.

7. JeongDan Choi, Kyoung Wook Min, Yang Sun Lee An intelligent parking platform of neighborhood EV for autonomous mobility service: Springer Science+Business Media New York, 2014.
8. Peter Corke Robotics,Vision and Control Fundamental Algorithms in MATLAB: Springer Tracts in Advanced Robotics ISSN 1610-7438, 2011.
9. Frezza R., Beghi A., Notarstefano G., Almost Kinematic Reducibility of a Car Model with Small Lateral Slip Angle for Control Design: Proc. Of the IEEE International Symposium, Vol.1, 2005, pp. 343-348.
10. Olson B.J. Nonlinear dynamics of longitudinal ground vehicle traction. M.S. Thesis defense, Michigan State University, 2001. — 53 p.
11. Meijaard J.P., Schwab A.L. Linearized equations for an extended bicycle model: Proceedings of III European Conference on Computational Mechanics, Solids, Structures and Couple Problem in Engineering Lisbon, June 5-9, 2006, 18 p.
12. Каримов И.А. Теория машин и механизмов: Электронный учебный курс для студентов очной и заочной форм обучения. — URL: http://www.teormach.ru/. Дата обращения: 18.04.2015.

Система управления квадрокоптером

Д.М. Филатов, А.И. Фридрих, А.В. Девяткин

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

Аннотация. В данной работе рассматриваются вопросы аппаратной реализации системы управления беспилотного летательного аппарата(БПЛА) мультироторного типа, идентификации параметров моторной группы и системы датчиков объекта управления и реализации алгоритма стабилизации по углу тангажа.

В данной работе в качестве объекта управления рассматривается мультироторный БПЛА с количеством роторов равным четырем (квадрокоптер). Экспериментальная модель квадрокоптера была создана на базе рамы DJI ARF-450.

С учетом некоторых допущений математическое описание объекта управления представляет собой систему из шести уравнений:

$$
\begin{cases}
\ddot{x} = (C_\varphi S_\theta C\psi + S_\varphi S\psi)\dfrac{1}{M} k \sum\limits_{i=1}^{4} \omega_i^2 \\
\ddot{y} = (C_\varphi S_\theta S\psi + S_\varphi S\psi)\dfrac{1}{M} k \sum\limits_{i=1}^{4} \omega_i^2 \\
\ddot{z} + g = C_\varphi C_\theta \dfrac{1}{M} k \sum\limits_{i=1}^{4} \omega_i^2 \\
\ddot{\varphi} - \dfrac{(I_{yy} - I_{zz})\dot{\theta}\dot{\psi}}{I_{xx}} = \dfrac{\frac{lk}{\sqrt{2}}(\omega_2^2 + \omega_3^2 - \omega_1^2 - \omega_4^2)}{I_{xx}} \\
\ddot{\theta} - \dfrac{(I_{zz} - I_{xx})\dot{\psi}\dot{\varphi}}{I_{yy}} = \dfrac{\frac{lk}{\sqrt{2}}(\omega_1^2 + \omega_2^2 - \omega_3^2 - \omega_4^2)}{I_{yy}} \\
\ddot{\psi} - \dfrac{(I_{xx} - I_{yy})\dot{\varphi}\dot{\theta}}{I_{zz}} = \dfrac{b(\omega_2^2 + \omega_4^2 - \omega_1^2 - \omega_3^2)}{I_{zz}}
\end{cases},
$$

где C_X=cos(x), S_X=sin(x); *M* — масса всей системы в целом; k — коэффициент пропорциональности между силой тяги и квадратом скорости вращения винтов; b — коэффициент пропорциональности между вращающим моментом и квадратом скорости вращения винтов; g — ускорение свободного падения; J_i — моменты инерции (составляющие тензора инерции); ϕ, θ ,ψ — углы Крылова, ω_i — скорости вращения каждого винта; l — расстояние от центра масс до оси вращения ротора мотора (длина луча) [4, 5].

Для определения статических и динамических характеристик системы «усилитель мощности — двигатель — винт» был создан стенд, внешний вид которого приведен на рис. 1. В ходе экспериментов получены статические и динамические характеристики системы. В качестве инструмента для идентификации был использован пакет моделирования Simulink с пакетом параметрической оптимизации Response Optimization.

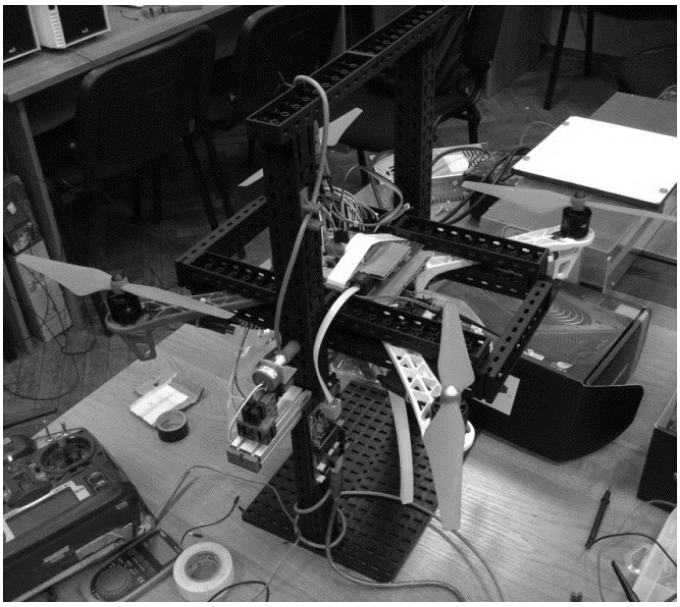


Рис. 1. Измерительный стенд.

Получение обратной связи по углам поворота БПЛА осуществляется с помощью МЭМС гироскопа и акселерометра с применением двухуровневой фильтрации. Для оценки запаздывания сигнала обратной связи, обусловленной использованием фильтров, и отладки системы управления по углу тангажа в рамках данной работы был использован специальный стенд, внешний вид которого представлен на рис. 1.

При построении системы управления на данном этапе использовался ПИД-регулятор для стабилизации системы относительно линии горизонта по углу тангажа на стенде, представленном на рис. 1.

Результаты данной работы планируется использовать в дальнейшем в качестве платформы для разработки, изучения и отладки систем управления траекторным движением БПЛА.

Список литературы:

1. Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования О.Н.Зинченко, «Ракурс», Москва, Россия, 2011.
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотный_летательный_аппарат
3. http://www.tecnocom.ru/stati/bespilotnye-letatelnye-apparaty-v-rossii
4. Teppo Luukkonen. Modelling and control of quadrocopter. Aalto University/School of Science. Espoo, August 22, 2011
5. Гурьянов А.Е. Моделирование управления квадрокоптером. Инженерный вестник. 08, август 2014 г.

Интеграция электроэнергетических, электротехнических систем и облачных технологий

К.А. Даукаев, В.Е. Егоров

Псковский государственный университет

Как показывает время, автоматические системы управления в их нынешнем виде, так или иначе, претерпевают изменения. Использование ПЛК, а также КИП в технологическом процессе на производстве является повсеместным, они остаются надежными средствами в системах автоматизации, однако одному из современных требований в промышленности, такому как компьютеризация, традиционные средства автоматики не отвечают. В этой связи стоит отметить развитие облачных технологий, затрагивающие различные сферы технологической деятельности, в частности системы автоматизации и управления.

Одной из конечных целей, поставленной перед аспирантской деятельностью, является внедрение облачных технологий (интернет вещей - IoT) в электроэнергетические и электротехнические системы (проекты), как один из аспектов автоматизации производственных процессов. В идеальном случае мы задаем цели, а способы их достижения возлагаем на информационные технологии.

Мониторинг и управление систем по проекту

Задачи мониторинга, автоматизации и управления электроэнергетических и электротехнических систем с центральным администрированием и аппаратно-вычислительными мощностями по средствам web-серверов, которые имеют связь с периферией системы по сети интернет и применением локальной сети, в рамках концепции «интернет вещей», является подходящей архитектурой в их решении, которую можно использовать в данном проекте.

Управление системой на основе платформы Microsoft Azure

Microsoft Azure — это облачная платформа разработанная компанией Майкрософт, которую возможно применить в проектах IoT для сбора, хранения и анализа данных с различных устройств и различных операционных систем.

Начальными точками проекта электроэнергетической системы по принципу IoT являются устройства с возможностями удалённого мони-

торинга датчиков и прочей периферии по сети Ethernet / Internet или же прочих телекоммуникационных сетей, а также средства уведомления и контроля — ПК, планшет и пр. Стоит сказать, что использование электросети для построения локальной сети в электроэнергетической системе является удобным и оптимальным решением по проекту (применение найдено в системах Smart Grid). Все устройства сети, в рамках Microsoft Azure, способны работать без ОС (как Arduino или Netduino, Raspberry PI) или под управлением Linux, iOS или Windows. Приоритетными остаются не использование операционных систем при разработке ПО, использование языка «С» при его написании и оптимизация для данной функциональности. Обычно в проектируемых системах объектам присваивается стек и сокет IP-адреса (или их эквивалент), посредством которых возможно получать доступ к Azure и публиковать данные непосредственно с помощью API REST или AMQP. Концентраторы событий Azure позволяют собирать данные, обрабатывать их и сохранять для дальнейшего анализа. Далее следует концентрация событий, масштабируемость и их обработка в реальном времени.

Подводя итоги вышесказанного, можно отметить, что вся отрасль «интернет вещей» выступающая как ядро «умных систем», в частности АСУ, на данный момент выглядит разрозненно. Каждая корпорация стремится выдвинуть собственное решение в конкурентной борьбе, что в свою очередь в здоровых экономических условиях, как это показывает практика, приводит к унификации и оптимизации подобного рода идей.

Список литературы:

1. Официальный сайт корпорации Майкрософт [электронный ресурс]: Сайт © 2016 Microsoft — 2016 — Режим доступа: https://msdn.microsoft.com/ru-ru/internetofthings?WT.mc_id=13179-DEV-multi-spriot-15q4-fac&CR_CC=200606570, свободный.

Индукционная закалка ТВЧ плоской круговой поверхности

М.А.Денисенко, Д.М.Селюнин

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

Индукционная закалка плоской круговой или кольцевой поверхности представляет собой сложную задачу. При сканирующей закалке трудно

добиться одинаковой глубины закаленного слоя на разных расстояниях от центра круга, а недостатками одновременной закалки всей плоскости является рост требуемой мощности нагрева при увеличении диаметра нагреваемой детали, трудность равномерного нагрева всей плоскости и большой расход закалочной жидкости для быстрого охлаждения при закалке.

В работе экспериментально исследованы два способа индукционной закалки поверхности кольца из литейной стали 20ГЛ с внешним диаметром 380 мм и диаметром отверстия 110 мм — сканирующая закалка и одновременная закалка. Эксперименты производились на частоте 66 кГц с питанием индукторов от транзисторного генератора ТГИ 100/66 во время производственной практики в фирме «ИНТЕРМ» [1].

Одновременная закалка проводилась при нагреве всей плоскости спиральным индуктором с последующим охлаждением водой из форсунки высокого давления (рис. 1).

Сканирующая закалка проводилась плоским индуктором-спрейером с магнитопроводом, который устанавливался радиально и поворачивался на один оборот вокруг оси детали (кольцевая плоская поверхность является частью поверхности крупногабаритной детали, поэтому вращение детали при нагреве не представляется возможным). При таком способе закалки под индуктором нагревается узкая полоса, направленная по радиусу детали, которая при повороте индуктора быстро охлаждается, попадая под струи воды, вытекающей из отверстий в трубке индуктора. Неравномерность нагрева поверхности радиальным индуктором на разных расстояниях от центра кольца и, как следствие, уменьшение глубины закаленного слоя от радиуса, компенсировалась возрастающим зазором между индуктором и поверхностью детали по мере приближения к центру. Рабочий момент сканирующей закалки показан на рис. 2. Поворот индуктора вокруг оси детали обеспечивался тем, что индуктор с блоком согласования (высокочастотный трансформатор и конденсаторная батарея) расположены на поворотной платформе с шаговым приводом.

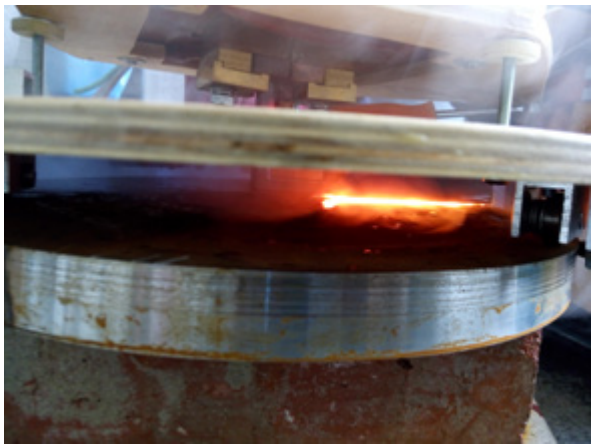


Рис. 1. Индукционный нагрев спиральным индуктором.

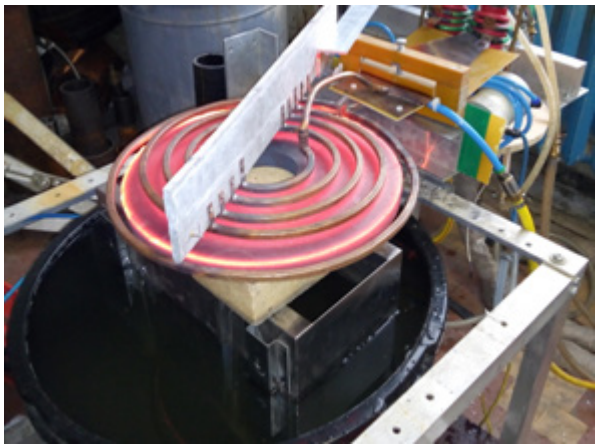


Рис. 2. Сканирующая индукционная закалка.

В результате проведенных экспериментов установлено следующее:

Одновременная закалка требует слишком большой мощности или долгого нагрева, не позволяет достичь требуемой скорости охлаждения и не обеспечивает равномерный нагрев поверхности без вращения детали.

Экспериментально подобраны параметры режима сканирующей закалки — мощность, скорость вращения индуктора и соотношение зазоров между индуктором и нагреваемой поверхностью на максимальном и минимальном радиусе детали, которые обеспечивают одинаковую глубину и твердость закаленного слоя на всей кольцевой поверхности.

Список литературы:

1. ООО «Научно-исследовательский, образовательный и производственный центр высокочастотных электротехнологий «ИНТЕРМ»: [Электронный ресурс], 2005-2016. URL: www.interm.su

Диодно-конденсаторные схемы умножения напряжения

А.С. Калинин

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

Диодно-конденсаторные схемы выпрямителей с умножением выходного напряжения применяются в случаях, когда необходимо получить высокое значение постоянного напряжения при малой силе тока.

Преимущество этих схем заключается в простоте их построения, отсутствии необходимости использования трансформатора, а также в том,

что значение напряжения на каждом из элементов схемы (конденсаторе, диоде) не превышает двух амплитуд питающего, что позволяет применять в схеме элементы, рассчитанные эту величину, а не на полное напряжение нагрузки.

Хотя данные схемы известны и используются достаточно давно, в учебной и справочной литературе их разновидности, свойства и особенности освещены недостаточно полно и строго.

К недостаткам умножителей напряжения следует отнести мягкость их статических характеристик, низкую частоту и большую амплитуду пульсаций выходного напряжения. Значительно ослабить проявление этих недостатков можно путём использования двухтактных (симметричных) и трёхфазных вариантов схем, а также путём оптимального распределения значений ёмкости конденсаторов по каждому из каскадов умножения напряжения.

В работе рассмотрены принципы работы и особенности различных вариантов схем умножителей и произведено сравнение свойств различных схем умножителей напряжения при одинаковой суммарной емкости конденсаторов.

Список литературы:

1. Simulation of High Voltage DC Using PSPICE / Kuntal Satpathi, Indranil Debnath, Suvra Kanti Pal, Sourav Biswas, Supriyo Mondal Описание/ Haldia Institute Of Technology, 2011;
2. Reliability improvement of Cockroft-Walton high voltage multiplier / Mohamad Faizal Bin Ahmad Zainal Abidin//University Teknikal Malaysia Melaka, 2008;
3. High Voltage Generation by using Cockcroft-Walton Multiplier / Nikhil M. Waghamare, Rahul P. Argelwar / International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 4, Issue 2, February 2015;
4. Design, Analysis &Implementation of Negative High Voltage DC Power Supply Using Voltage Multiplier Circuits / Priyen S. Patel* & D.B. Dave / International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) — Volume4Issue4- April 2013;
5. Китаев Г.И. Исследование вентильно-конденсаторных схем умножения напряжения: автореф. дисс. канд. техн. наук / Уральский политехнический институт имени С.М. Кирова СПБ, 1963.

Преимущества интеграции систем РЗиА на основе ПЛК в автоматизированные системы управления электроснабжением

Е.В. Ломанова

Оренбургский государственный университет (ОГУ)

В настоящее время в энергетике происходит массовое внедрение систем защит на основе микропроцессоров и программируемых логических контроллеров (ПЛК) [1]. Несмотря на такую тенденцию, системы на основе микропроцессорных устройств имеют ряд недостатков, главными из которых являются усложнение и увеличение концентрации защитных функций в одном терминале, плохая ремонтопригодность. Данные недостатки могут приводить к ложным срабатываниям релейной защиты, перебоям в электроснабжении [2].

Одним из возможных способов устранения недостатков микропроцессорных устройств РЗиА является объединение устройств на базе ПЛК в единую автоматизированную систему. Рассмотрим такую систему подробнее.

ПЛК — программно-управляемый дискретный автомат, связанный с объектом управления своими входами и выходами, предназначенный для работы в режиме реального времени. [3]

Отличительной особенностью ПЛК является возможность гибкого конфигурирования под конкретную задачу без изменения аппаратной части, а также способность к работе в тяжелых внешних условиях. Основная сфера применения ПЛК — управление технологическими процессами в составе АСУ ТП. Зачастую ПЛК входят в состав ядра промышленных контроллеров. [3]

На рис. 1 представлена система управления электроснабжением предприятия на базе ПЛК. Она имеет централизованную рассредоточенную структуру. Предполагаемое решение имеет следующие преимущества:

- возможность внедрения распределенной инфраструктуры позволяет уменьшить чрезмерную централизацию функций на одном устройстве;

- высокая ремонтопригодность за счет модульного принципа организации АСУ ТП;

- возможность расширения и присоединения к общей АСУ ТП предприятия;

- возможность создания отказоустойчивой архитектуры на ПЛК;

- внедрение программного пакета, предназначенного для разработки или обеспечения работы в реальном времени (SCADA).

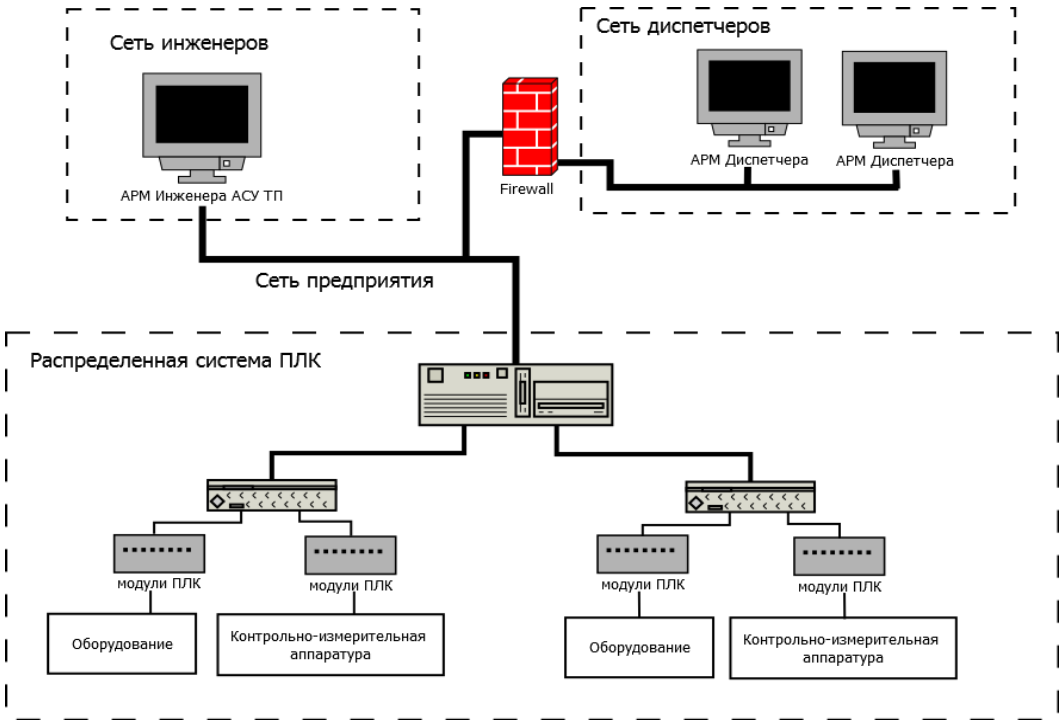


Рис. 1. АСУ ТП электроснабжения.

Учитывая возрастающие требования по безопасности к промышленным системам, в структуру вводится разделение на подсети. Предполагается, что подсеть диспетчеров имеет меньшие права и предусмотрена в основном для просмотра информации от системы, а подсеть инженеров имеет полный доступ.

Внедрение таких систем осложняется тем, что большинство производителей оборудования находятся за рубежом, это накладывает ограничение на доступность комплектующих, увеличивает стоимость решения, а также тем, что необходима разработка индивидуального проекта системы с проведением комплекса пуско-наладочных работ.

Важной особенностью предлагаемой системы является сохранение существующего и интеграция специализированного оборудования в модернизируемой системе электроснабжения. В то же время, целесообразность внедрения такой системы возникает лишь при наличии большого ко-

личества оборудования и задачи максимально эффективного управления территориально распределенными объектами.

Таким образом, использование ПЛК в АСУ ТП электроснабжения позволяет равномерно распределить защитные функции по различным устройствам, увеличить ремонтопригодность и отказоустойчивость системы, а также внедрить возможность разделения на подсети с различными возможностями управления. Предлагаемое решение может быть использовано в сетях архитектуры Smart Grid, т.е. сетях электроснабжения, использующих информационные и коммуникационные сети и технологии для сбора информации о параметрах энергосистемы.

Список литературы:

1. Гуревич В. И. Уязвимости микропроцессорных реле защиты: проблемы и решения. — М.: Инфра-Инженерия, 2014 — 248 с.: ил.
2. Гуревич, В.И. Микропроцессорные реле защиты: новый взгляд. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gurevich-publications.com/articles_pdf /alternating_view.pdf
3. Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И.В.Петров, Под ред. проф. В.П.Дьяконова. — М.: СОЛОН-Пресс, 2004. — 256 с.

Оптимизация работы диодного драйвера SF60xx фирмы «Федал»

Р.С. Полковников, С.А. Ляшов

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

В современном мире тенденция развития электроприборов такова, что потребители отдают предпочтение более компактным устройствам, не принимая во внимание возможное ухудшение технических характеристик приборов, поэтому актуальной задачей для производителя является нахождение баланса между компактностью изготавливаемого устройства и его техническими показателями.

Наша работа заключается в исследовании диодного драйвера SF60xx, с целью оптимизации его работы за счёт модернизации электрической схемы.

Диодный драйвер SF60xx, представленный на рис. 1, предназначен для питания лазерных диодов и диодных линеек импульсным током до 300А или постоянным током до 70А. Драйвер обеспечивает широкий диапазон плавного изменения параметров излучения. Серия драйверов имеет широкое применение в технологических лазерных комплексах, медицинских приборах, измерительном лазерном оборудовании.

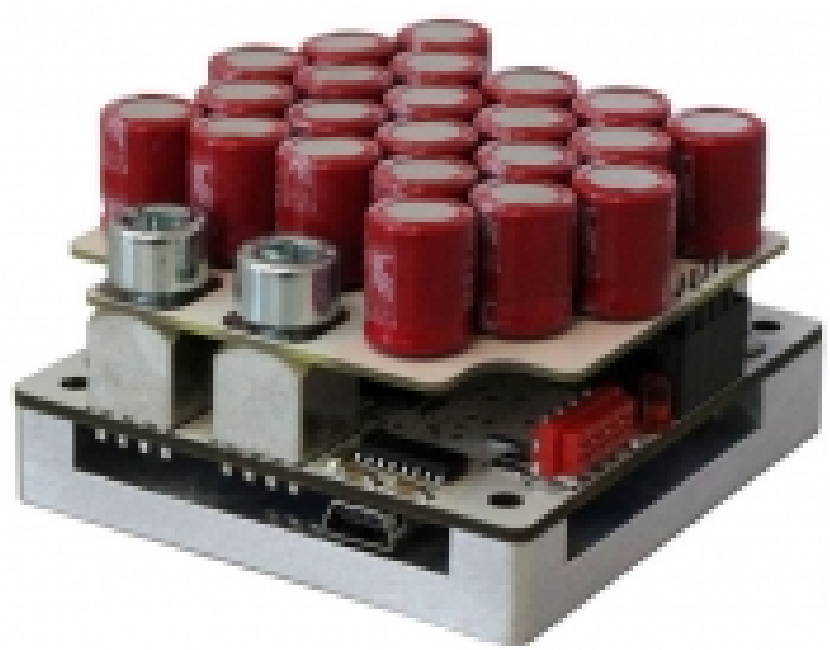


Рис. 1. Диодный драйвер SF60xx.

В ходе исследований были открыты возможности изменения действующей электрической схемы путём замены элементной базы. В результате мы смогли увеличить КПД диодного драйвера, за счёт уменьшения потерь на тепловое излучение, и вследствие чего проблема с отведением тепла становится менее актуальной.

Для сравнения характеристик была изготовлена экспериментальная модель, содержащая изменённую элементную базу. При помощи тепловизора был проведён тепловой анализ обоих устройств. По тепловым картам мы смогли убедиться в том, что внесённые изменения положительно сказываются на динамике теплового излучения.

Анализ систем векторного управления асинхронным двигателем с датчиком и без датчика скорости на валу двигателя

К. А. Порохненко

Самарский государственный технический университет (филиал в г. Сызрань)

В настоящее время векторное управление двигателем, в особенности асинхронным, является приоритетным направлением в исследовании.

Популярность во многом обуславливается преимуществами способа управления, а именно: высокая точность регулирования скорости электродвигателя; снижение потерь на нагрев, приводящее тем самым к увеличению КПД электропривода; обеспечение плавного старта и вращения машины и другое.

В настоящее время существуют два основных вида систем векторного управления электродвигателем — это системы с обратной связью по скорости и бездатчиковые системы. У последних отсутствует датчик скорости на валу двигателя [7].

Когда скорость вращения вала изменяется в широких пределах и необходима высокая точность ее поддержания, а также когда требуется регулировать момент на валу электродвигателя при низких частотах вращения, следует использовать метод векторного управления с обратной связью по скорости.

При незначительных диапазонах изменения скорости, которые не превышают 1:100, и точности поддержания, не превышающее ±0,5%, к электродвигателю применяется бездатчиковое векторное управление [7].

В связи с этим, целью данной работы является анализ систем векторного управления асинхронным двигателем с датчиком и без датчика скорости на валу двигателя, с помощью моделирования в программе MatLab для сравнения и оценки характеристик этих систем.

Моделирование систем управления в интегрированной среде Matlab (Simulink) позволяет устранить ошибки и неточности при проектировании, а также произвести отладку алгоритмов управления во многих режимах работы электродвигателя.

Практическая значимость данной работы объясняется возможностью использования полученных результатов исследования при выборе вида

векторного управления асинхронным двигателем в зависимости от производственного процесса и среды, в которых будет происходить практическое применение системы в целом.

Например, для бездатчиковой системы. Объекты, где в настоящее время используется рассматриваемый тип векторного управления — это электроприводы подъемно-транспортных средств, механизмов намотки, экструдеров, дробилок и другое, где работа системы происходит в пожароопасных, взрывоопасных, химически- и радиоактивных средах, в условиях повышенных вибраций и ударных механических нагрузок [7].

Список литературы:

1. Синтез нейронного наблюдателя для асинхронного привода с прямым управлением моментом / Браславский И.Я., Зюзев А.М., Ишматов З.Ш. и др. // Электротехника, 2001, № 12, с. 31-34.
2. Адаптивная система векторного управления асинхронным электроприводом / Виноградов А.Б., Чистосердов В.Л., Сибирцев А.Н. // Электротехника.- 2003.- №7.- с. 7-17.
3. Виноградов А.Б. Оптимизация структуры идентификатора состояния в частотном электроприводе, в кн. Тез. докл. междунар. научно-техн. конф. «Состояние и перспективы развития электротехнологии, Иваново, 1992, с.89.
4. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупро- водниковых систем в MatLab 6.0: учеб. пособие. — СПб.: КОРОНА принт, 2001. — 320 с. 7. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. — Л.: Энергоиздат, 1982.
5. Современное состояние и тенденции в асинхронном частотно- регулируемом электроприводе (краткий аналитический обзор) / Дацковский Л.Х., Роговой В.И., Абрамов В.И. и др. // Электротехника, 1996, № 10, с. 18-28.
6. Панкратов В.В. Тенденции развития общепромышленных электроприводов переменного тока на основе современных устройств силовой электроники // Силовая интеллектуальная электроника. Специализированный информационно-аналитический журнал. 2005, № 2, с. 27-31.
7. http://www.scienceforum.ru/2016/15/19751 (дата обращения: 15.02.2016)
8. http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/40498/doc/45588/ (дата обращения: 24.01.2016)
9. http://www.privod-news.ru/docs/nabludateli_06.15.pdf (дата обращения: 24.01.2016)
10. http://vectorgroup.ru/articles/article12 (дата обращения: 23.01.2016)

Источник питания импульсного твердотельного лазера с диодной накачкой

С.Е.Уточкин, О.Д. Просин

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

В современных промышленных лазерных установках используются следующие основные лазерные источники: твердотельные лазеры на иттрий-алюминиевом гранате (ИАГ) с ламповой накачкой; твердотельные ИАГ-лазеры с полупроводниковой (диодной) накачкой; волоконные лазеры с полупроводниковой (диодной) накачкой.

Исторически твердотельные ИАГ-лазеры с ламповой накачкой были первыми лазерными источниками. Накачкой твердотельных лазеров обычно служит импульсная лампа. Однако ламповым лазерам присущ ряд недостатков, вынуждающих в некоторых случаях искать им замену: невысокий коэффициент полезного действия, большое энергопотребление, необходимость во внешнем водяном охлаждении. Периодическая замена ламп накачки (500 — 1000 часов работы).

Развитие и совершенствование лазерной техники в 90-е годы привели к распространению твердотельных лазеров, включая и ИАГ-лазеры, где ламповый источник света (оптическая накачка) заменен полупроводниковыми лазерами (диодами). Это лазеры с полупроводниковой накачкой. Главное отличие этих лазеров от ламповых заключается в более высокой (на порядок) эффективности преобразования излучения мощных лазерных диодов [1], что позволяет избежать высокого энергопотребления, интенсивного внешнего водяного охлаждения.

Твердотельные ИАГ-лазеры с полупроводниковой (диодной) накачкой имеют следующие преимущества: *у*величенный срок службы системы накачки (рабочий ресурс полупроводниковых излучателей достигает 20000 часов); более надежный лазерный источник по сравнению с твердотельным лазером с ламповой накачкой; система предусматривает воздушное охлаждение.

В последние годы практически все новые разработки лазеров и лазерных систем связаны с использованием полупроводниковой накачки, и в настоящее время происходит процесс замены традиционных твердо-

тельных лазеров с ламповой накачкой на приборы нового поколения в промышленности, медицине и военной технике [2].

Целью настоящей работы является разработка импульсной системы питания твердотельной ЛТУ с полупроводниковой накачкой, отвечающей всем требованиям, определяемым нагрузкой, а также требованиям международных стандартов в области электромагнитной совместимости.

Результатом выполнения настоящей работы является разработанный источник питания импульсного твердотельного лазера с полупроводниковой накачкой с плавным регулированием, как длительности импульса, так и амплитуды тока и напряжения на линейках лазерных. Регулирование параметров импульсов накачки осуществляется при помощи полностью управляемого транзисторного ключа. Особенностью работы данного устройства является использование активной зоны вольт-амперной характеристики полевого транзистора, что позволяет осуществить регулирование формы импульса тока с помощью системы управления с обратной связью. Достоинством такого схемотехнического решения является максимально приближенная к прямоугольной форма импульса тока.

Зарядным устройством емкостного накопителя источника питания является полумостовой резонансный инвертор, имеющий выходную характеристику источника тока. Использование преобразователя инверторного типа с повышением частоты позволяет значительно сократить массогабаритные параметры источника питания, а также позволяет осуществлять управляемый заряд накопительной батареи конденсаторов до нужного уровня напряжения.

В ходе выполнения работы был спроектирован корректор коэффициента мощности, снижающий негативное влияние на питающую сеть, а также выполнены измерения электромагнитных помех, излучаемых источником. Были проведены мероприятия по снижению уровня излучаемых помех, в результате чего источник питания соответствует международным стандартам по электромагнитной совместимости. Это обстоятельство представляет большой интерес с точки зрения продвижения источника питания на европейский рынок.

Также в конструкции источника питания предусмотрены дополнительные устройства, необходимые для работы технологических и лабораторных лазерных установок. К этим устройствам относятся: блок защиты, устройство выравнивания тока в параллельно подключаемых матрицах,

контроллер термостабилизации для элементов Пельтье. Дополнительные устройства (кроме блока защиты) могут устанавливаться опционально, если это требуется для конкретной лазерной технологической установки.

Список литературы:

1. Борисов Б.Н., Демкин В.К., Дунин В.М. и др. О работах предприятия по созданию лазеров с полупроводниковой накачкой — В кн.: Лазерно-оптические системы и технологии. — М.: ФГУП «НПО АСТРОФИЗИКА», 2009, С. 8-17.
2. Шестаков А. Активные элементы твердотельных лазеров с полупроводниковой накачкой// ФОТОНИКА №5 2007 — С. 30-32.

Сравнение дискретно-непрерывного и разностного методов анализа теплообменных процессов в ректификационной колонне

Ю.Н. Сердитов

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

Задачей работы является сравнить и дать оценку методам, применяемым для моделирования теплообменных процессов.

Описание задачи: в ректификационную колонну поступает насыщенный диэтиленгликоль при температуре 158-164^{o}C для отделения паров воды от диэтиленгликоля. В колонне расположены 4 секции массообменных насадок и 3 распределительные тарелки. Для обеспечения обратного оттока жидкости по сравнению с нормальным её движением, сверху колонны поступает конденсационная вода. В колонне происходят массо- и теплообменные процессы, описываемые в общем виде законом Фурье-Кирхгофа, которые необходимо контролировать.

Для анализа этих технологических процессов используется динамическая математическая модель, построенная на основе дискретно-непрерывного метода. Все вычисления и моделирование процессов производятся в инженерно-математическом пакете Matlab (Simulink).

В связи с увеличением дополнительных параметров и уточнением полученных результатов, появилась необходимость разработки более сложных и объемных моделей. Поэтому был предложен новый метод моделирования технологических процессов, более быстрый и простой в реализации и в модернизации.

Это метод явных схем Эйлера, основанный на разностных уравнениях и являющийся численным методом, поэтому его легко запрограммировать, тем самым в несколько раз уменьшить время расчёта переходных процессов.

Разработка устройства диагностики транзисторного инвертора напряжения для индукционного нагрева

Д.П. Скорых

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

В настоящее время транзисторные генераторы для индукционного нагрева нашли широкое применение в промышленности ввиду универсальности и возможности частотного регулирования мощности, высокой автоматизации и высокого КПД (до 96%) для выполнения различных работ, например, таких, как пайка, закалка, плавка, нагрев металла и другие [1].

Работоспособность транзисторного инвертора определяется исправностью элементов силовой схемы и правильным согласованием индукционной системы с выходом инвертора. В состав силовой схемы входят транзисторный генератор, состоящий из неуправляемого выпрямителя и собственно инвертора с фильтрами, и нагрузочный контур, образованный индуктором, ВЧ-кабелем, согласующими трансформатором и конденсатором.

Система управления транзисторного генератора оснащена быстродействующими защитами: по превышению входного и выходного тока инвертора, по амплитуде тока транзисторов и отсутствию условия мягкой коммутации транзисторов. Такая защита обеспечивает целостность силовых транзисторов, но дает мало информации о причинах защитного отключения.

Превышение тока может быть вызвано как коротким замыканием (то есть неисправностью оборудования: ВЧ-кабеля, трансформатора или конденсатора БС, выводов индуктора), так и низким сопротивлением нагрузочного контура (плохое согласование).

Поставарийная диагностика может быть построена на анализе формы тока и напряжения на выходе инвертора за несколько периодов до развития аварийного выключения и в начале процесса.

«Последний дамп» — оцифровка и сохранение в энергонезависимой памяти истории работы инвертора на последних 20-40 периодах аварийного процесса. Для этого требуется быстрый АЦП для оцифровки около 50 точек за период выходного напряжения ТГИ. Алгоритм работы состоит из непрерывной оцифровки и записи в ОЗУ (по кольцу), при срабатывании одной из «электрических» защит (драйверы, токи, напряжения) заполнение ОЗУ прекращается, содержимое копируется в энергонезависимую память (Flash).

Разработке алгоритмов диагностики должно предшествовать накопление экспериментальных данных о спровоцированных и естественных аварийных процессах. Для этого разработан специализированный измеритель-регистратор, подключаемый к сигналам датчиков существующей системы управления транзисторного генератора.

Для его построения нами была выбрана отладочная плата STM32F429I-DISCO с ядром ARM Cortex-M4 и богатым набором встроенной периферии, в том числе, быстрым 12-разрядным АЦП, удовлетворяющим требованиям по скорости обработки получаемой информации, модулем USB OTG high-speed [2], позволяющим записывать данные на энергонезависимую память и LCD-дисплеем диагональю 2,4 дюйма.

Разработано программное обеспечение со следующим алгоритмом:

- Считывание сигналов с датчиков (используются встроенные АЦП микроконтроллера с синхронной работой двух каналов).

- Буферирование во внутреннюю память оцифрованных значений тока и напряжения с использованием канала прямого доступа.

- При наступлении аварийной ситуации сохранение на внешний энергонезависимый носитель лога измерений (flash-накопитель) с автомасштабированием.

Архив сохраненных данных содержит массивы записанных оцифрованных значений напряжений, тока, времени и дискретных сигналов состояния в автоименованных файлах в текстовом формате. Также имеется возможность просмотра на LCD-дисплее накопленных данных в графической и численной форме.

Анализ полученных данных реальных процессов и математическое моделирование подобных процессов с использованием пакета PSPICE должны помочь в разработке алгоритмов автоматической диагностики неисправностей и рассогласования.

Список литературы:

1. Дзлиев С.В. Транзисторные генераторы для индукционного нагрева. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. 143 с.
2. Сайт разработчика STM www.st.com/stm32f429-439-pr

Исследование негативного влияния инверторных преобразователей частоты на качество электроэнергии

Я.И. Соколов, В.Р. Еникеев

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

При проектировании помещений офисных центров, супермаркетов, складских помещений одной из основных задач является обеспечение достаточного уровня освещенности. При увеличении объема помещений возрастает количество осветительных приборов, что приводит к увеличению потребления электрической энергии и расходов на освещение. Для уменьшения данных затрат и повышения эффективности освещения, как правило, используются трубчатые люминесцентные лампы. Однако при подключении подобной нагрузки к трехфазной сети может возникнуть ряд нежелательных факторов, которые могут повлиять на работу электрооборудования и привести к аварийной ситуации в случае, если эти факторы не будут учтены при проектировании объектов и сетей.

Основанием для данной работы стало обращение на кафедру ЭТПТ представителей одного из торговых центров. В главном распределительном щите (ГРЩ) данного гипермаркета было выявлено высокое значение тока в нулевом проводнике (нейтрали), сопоставимое с фазными токами при почти идеально симметричной загрузке фаз. Показания встроенных приборов в ячейках ГРЩ подтвердились при замерах токов в кабелях токовыми клещами. Для выявления причин подобного явления были проведены суточные замеры в ГРЩ с помощью анализатора качества электроэнергии Siemens Oscillostore P513.

Измерения подтвердили данные, полученные ранее (рис. 1), и позволили объяснить их причины. При анализе полученных результатов было обнаружено, что в гармоническом составе присутствует третья гармоника (150 Гц) с амплитудой, превышающей 100 А (рис. 2). Именно эта гармоника в отличие от основной (50 Гц) не нейтрализуется при сложении трех фаз, а суммируется в нулевом проводнике.

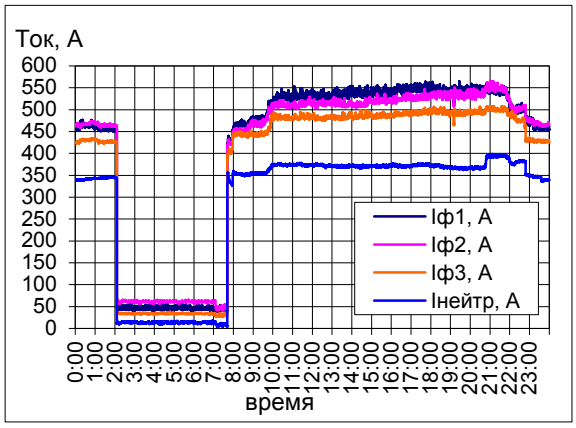


Рис. 3. Токи в фазах и в нейтрали в течение суток.

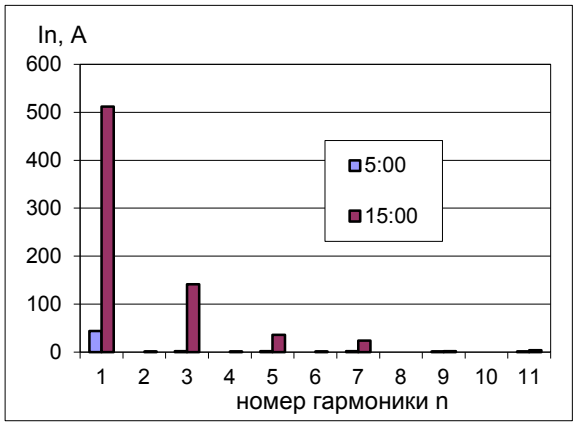


Рис. 4. Гармонический состав тока фазы.

Ток в нулевом проводнике представляет собой почти идеальную синусоиду частотой 150 Гц.

Второй негативный аспект, вносимый третьей гармоникой — искажение синусоидальности напряжения сети. Высокое значение третьей гармоники тока вызывает появление соответствующей гармоники в напряжении фазы. Это может привести к нарушениям работы чувствительного электронного оборудования.

По результатам данного исследования можно рекомендовать учитывать возможность большого тока в нейтрали при проектировании сетей и, по возможности, использовать светильники с меньшим потреблением высших гармоник тока.

Система удалённого управления трёхколёсным роботом

А. В. Миронюк

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

Роботы с подвижным основанием представляют интерес вследствие своей повышенной маневренности, а также широкого круга задач, которые

они могут выполнять. Всенаправленные колёса становятся всё более и более популярными в робототехнике, т.к. позволяют роботу двигаться по прямой линии из одной точки плоскости в другую без необходимости в развороте. Более того, поступательное движение по прямой траектории может быть объединено с вращательным, обеспечивая перемещение робота в точку назначения под нужным углом. Действие большинства всенаправленных колёс основано на том, что колесо может беспрепятственно скользить в направлении оси вращения. Для получения такого эффекта в колесо встраиваются маленькие колёсики.

В данной работе рассматривается создание трёхколёсного робота на всенаправленных колёсах с веб-камерой. Данный робот имеет на борту микрокомпьютер Banana Pi, который позволяет развернуть на нём полноценный сервер удалённого доступа, обеспечивающий удалённое управление роботом по сети Интернет и передачу изображения с его камеры в режиме реального времени.

Управление роботом может вестись как с персонального компьютера с операционной системой Windows/Linux/Mac OS X при помощи геймпада, так и с мобильного телефона или планшета под управлением операционной системы Android. Широкий выбор устройств и операционных систем достигается благодаря использованию кроссплатформенного C++ Фреймворка Qt.

РАДИОТЕХНИКА
И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Влияние выходной емкости транзистора и потерь в нагрузочной цепи на КПД усилителя класса F_3

А. П. Ефимович

Донецкий национальный университет «ДонНУ»

Важным параметром, который необходимо учитывать при роектировании любого усилителя мощности (УМ) являются активные потери в нагрузочной цепи. В работе [1] для УМ класса F_3 была предложена нагрузочная цепь (секция 1 на рис. 1) позволяющая учесть выходную емкость транзистора (C_{out}). С целью обеспечения возможности независимой настройки нагрузочных импедансов $Z(f_0)$ и $Z(3f_0)$ на первой и третьей гармониках, в [2] было предложено к секции 1 подключать секцию 2 (рис. 1). Где L_5C_4 – контур настроенный на $3f_0$, C_5 – разделительный конденсатор. Элементы C_6, L_6 и C_7 образуют П-контур трансформирующий на f_0 нагрузочное сопротивление транзистора (R) в сопротивление нагрузки (R_{LOAD}). Значения элементов секции 1 рассчитываются как [1]

$$L_3 = 1/(6\omega_0^2 C_{out}), \qquad L_4 = 5/3(L_3) \qquad C_2 = 12/5(C_{out}) \qquad (1)$$

где $\omega_0 = 2\pi f_0$, f_0 –рабочая частота, C_3 – разделительный конденсатор.

В [3] было показано, что за счет екостного импеданса $Z(nf_0) = -jX_{Cout}/n$ создаваемого C_{out}.на высших гармониках можно при $X_{Cout} \geq R$ $(1/\omega_0 C_{out} \geq R)$ дополнительно повысить стоковый КПД (η_D) УМ класса F_3. Это достигалось за счет образовавшихся высших гармоник напряжения сток-исток, которые уменьшали перекрытие форм тока и напряжения на кристалле транзистора.

Расчетные значения L_3, L_4, C_2 в (1) зависят в первую очередь от выбора C_{out}. Поэтому представляет интерес рассмотреть влияние на η_D не только величины C_{out} но и активных потерь L_3, L_4, которые не учтены в (1). На рис. 1 показана схема УМ класса F_3 используемого в моделировании. Моделирование выполнялось методом гармонического баланса. В моделировании использовалась упрощенная модель полевого транзистора 2N7000L.

Напряжение питания было равно V_{DD} =25 В. Напряжение смещения V_{GG}=1,86 В обеспечивало угол отсечки 90°. Рабочая частота была равна f_0 = 13,56 МГц. Нагрузочный импеданс был задан $Z(f_0) = R = 200$ Ом. Активные потери в катушках учитавались с помощью последовательно включенных сопротивлений R_L (рис. 1). Для анализа работы УМ использовалась величина добротности катушек $Q_L = X_L/R_L$. Где $X_L = \omega_0 L$. Величины добротностей Q_{L5} и Q_{L6} были заданны постоянными 100 и 120. Поскольку L_5 и L_6 не зависят от выбора C_{out}. Особый интерес представляют добротности Q_{L3} и Q_{L4} для L_3 и L_4 расчитанных при различных C_{out}. Значения Q_{L3} и Q_{L4} выбирались равными. Для удобства величина C_{out} учитывалась путем сравнения X_{Cout} со значением R, как это было сделано в [3]. В случае когда когда X_{Cout} = (5-10)R уменьшение Q_{L3} и Q_{L4} незначительно снижали η_D (рис. 2). Когда X_{Cout} =(0,1-1)R даже при $Q_{L3} = Q_{L4}$ = (50-1000) наблюдалось существенное снижение η_D (рис. 2). Это объясняется тем, что с ростом C_{out}.в секции 1 происходит возрастание резонасных токов протекающих в индуктивностях. В свою очередь это приводит к генерации мощности потерь на R_{L3} и R_{L4}.

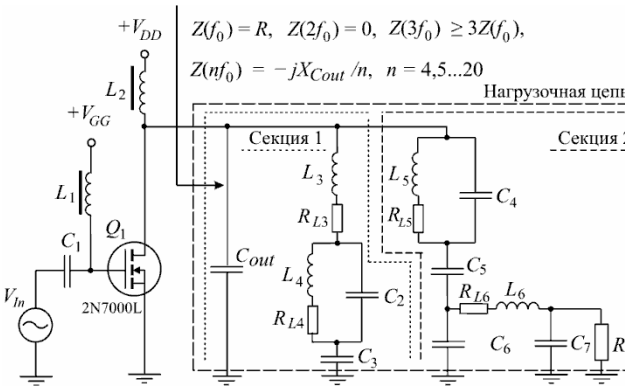


Рис. 1. Принципиальная схема исследуемого УМ класса F_3

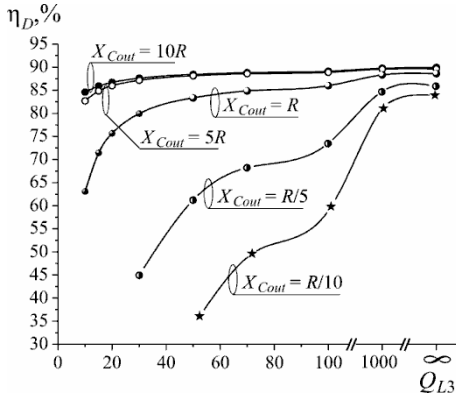


Рис. 2. Зависимость η_D УМ класса F_3 от величин Q_{L3},Q_{L4} и X_{Cout}

Таким образом для получения высокого η_D в УМ класса F_3 необходимо использовать транзисторы с малыми выходными емкостями значения, которых обеспечивают выполнение условия $X_{Cout} > R$. При этом с ростом X_{Cout} происходит расширение (в сторону уменьшения добротности) диапазона значений Q_{L3} и Q_{L4} при которых может быть получен высокий η_D.

Список литературы:

1. Grebennikov A.V. Circuit design technique for high efficiency class F amplifiers // Proc. of IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Digest. — 2000. — Vol. 2. — P. 771-774.

2. Yefymovych A., Krizhanovski V. Design load network for class-F amplifier // Proc. of Int. Conf. Modern Telecommunications and Computer Science «Problems of Radio Engineering». Lviv-Slavske .— 2014. — P. 206.
3. Ефимович А. П., Крыжановский В. Г. Исследование энергетических характеристик насыщенного усилителя класса F // Радиотехника: всеукр. межвед. науч.-техн. сб. ХНУРЭ. — 2014. — № 178. — С. 84 — 92.

Особенности проектирования спутниковых систем связи на примере телекоммуникационных спутников компаний Thuraya и Inmarsat

А. Е. Ильина

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

Цель работы: обзор проблем, возникающих при разработке космических аппаратов, и примеры современных технологических решений, применяемые в спутниках, имеющих геостационарную орбиту, компаний Thuraya и Inmarsat.

Спутниковая связь (СС) — связь между земными станциями через космические станции, либо через космические спутники Земли[1]. Спутниковая связь — один из наиболее динамично развивающихся сегментов мирового рынка телекоммуникаций и одновременно одна из наиболее стабильных областей применения космических средств. Однако для создания надежного спутника-ретранслятора необходимо решить такие задачи как выработка и накопление энергии, достаточной для непрерывной работы спутника на протяжении более чем 12 лет, износостойкость материалов и аппаратуры к регулярным перепадам температур в широком диапазоне, а также улучшение технических возможностей антенны.

В современных спутниках предложены следующие решения: солнечные панели новой конструкции, на которых под определенным углом друг к другу установлены отражатели солнечного света, что позволяет увеличить концентрацию солнечного излучения на панелях; цифровая диаграммообразующая схема на борту, позволяющая изменять конфигурацию лучей в зоне покрытия и включать в излучаемый поток дополнительный лучи.

Список литературы:

1. Регламент радиосвязи Международного союза электросвязи (ITU).
2. Мальцев Г.Н. Сетевые информационные технологии в современных спутниковых системах связи // Информационно-управляющие системы.2007.№3.

Разработка мультиспектральной камеры

М.А. Козлов

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

Научный руководитель: Морозов А. В.

Целью работы является разработка мультиспектральной телевизионной камеры для наблюдения за естественными и искусственными космическими объектами.

Для решения такого рода задач предлагается вариант телевизионной камеры, состоящей из трех монохромных фотоприемников, установленных за трехцветной светоделительной призмой. При точной установке матриц в фокальной плоскости объектива такое решение позволит достичь минимальной ошибки воспроизведения цветовых составляющих точечных объектов.

Одним из наиболее важных моментов в данной работе является выбор основы телекамеры — фотоприемной матрицы. Необходимо учитывать такие факторы, как спектральная характеристика монохромного канала, размер светочувствительной зоны, размер элемента, и многое другое. Монохромная CMOS матрица VITA 16k справляется с данной задачей. Имеет ряд преимуществ, такие, как: 10-битный преобразователь аналогово сигнала в цифровой, разрешение 4096x4096, 80 кадров в секунду.

Краткие технические характеристики данной матрицы:

- Разрешение 4096x4096;
- Размер пикселя 4,5×4,5 мкм^2;
- 8 и 10-битный вывод информации;
- Интерфейс управления SPI;
- От 80 до 125 кадров в секунду.

Другой, не менее важной задачей, является выбор видеопроцессора для данной системы. CYUSB303X — микроконтроллер, имеющий ряд

преимуществ, а именно: запись данных на SD и SDXC карты памяти, USB 3.0 выходы.

Краткие технические характеристики видеопроцессора:

- Интерфейс связи с ПК USB 3.0 и USB 2.0;
- Поддержка карт: SD 3.0 (SDXC), eMMC 4.41 до 2 ТБ;
- Полностью программируемый 32-битный ЦПУ;
- Пакет разработчика для упрощенного программирования;
- Множество встроенных интерфейсов: SPI, I2C, RS232 и др.

Ниже приведен пример трехматричной телевизионной системы, использующей светоделительную призму на три потока и три монохромных фотоприемника для получения полноцветного изображения. При таком способе цветоделения разрешение цветного изображения равно разрешению черно-белого, в отличие от наиболее распространенного вида телекамер с нанесенным цветокодирующим фильтром на поверхность фотоприемника.

Разработка методики измерения потерь в металлизированных ферритовых волноводах

Д.А. Морозов

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

В производственном процессе серийного выпуска фазоуправляемого элемента фазированной антенной решетки (ФАР) важной задачей является расчёт характеристик устройств. В настоящее время накоплен большой опыт разработки и промышленного производства волноводных ферритовых фазовращателей (ВФФР), однако возникают определённые специфические проблемы, связанные с рабочей длиной волны. Этим проблемам способствуют различные конструкторско-технологические факторы, такие, как погрешности базирования излучателей и фазовращателей в интегрированных элементах ФАР, разброс значений продольных и поперечных размеров деталей при их изготовлении, возникновение различного рода зазоров при сборочных процедурах. В связи с этим, представляется полезным изучение методов расчёта и проектирования ВФФР, их конструктивное исполнение и определение параметров потерь, а также вопросы согласования ВФФР с волноводно-диэлектрическими излучателями и исследование

характеристик с учётом их взаимного влияния. В работе рассматривается аналитическая связь между потерями в ферритовом волноводе и минимумом коэффициента отражения от торца волновода, подсоединённого к питающей линии (волновод) измерительного тракта, электродинамические характеристики ферритов на СВЧ, некоторые примеры конструктивного решения СВЧ фазовращателей на феррите: взаимные фазовращатели на основе фазирующего невзаимного устройства и с продольно намагниченным ферритом в прямоугольном волноводе, невзаимные фазовращатели на прямоугольном и круглом волноводах, расчёт соединений между отдельными участками путём моделирования в пакете HFSS, свойства коэффициентов передачи и отражения для одинаковых взаимных переходов при малом рассогласовании.

Программная модель приёмо-передающей системы на основе динамического хаоса

А.И. Новиков

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

В последние годы в условиях стремительно развивающихся телекоммуникационных технологий все больший интерес исследователей привлекает такое явление, как динамический хаос. Это объясняется тем, что использование динамического хаоса в качестве несущего сигнала в устройствах передачи информации позволяет увеличить скорость передачи сообщений [1], вторично использовать уже занятые диапазоны частот [2], а также скрыть информационный сигнал от третьих лиц. Как следствие такого интереса, встаёт вопрос моделирования систем, способных генерировать сигнал в форме динамического хаоса и передавать его на расстояние.

Целью исследовательской работы было создание прототипа приёмо-передающей системы на основе динамического хаоса в виде программной модели, разработанной в среде LabView.

Программная модель приёмо-передающей системы на основе динамического хаоса представляет собой две отдельно запускаемые программы, одна из которых является генератором, а вторая — приёмником хаотического сигнала. В генераторе реализовано решение системы дифференци-

альных уравнений Лоренца методом Рунге-Кутта, описывающих динамический хаос, строится графический фазовый портрет, состоящий из трёх координат, одна из этих координат является сигналом с хаотически изменяющейся амплитудой. Этот сигнал передаётся на приёмник, который по полученной амплитуде восстанавливает фазовый портрет, тем самым устанавливается взаимодействие между приёмным и передающим устройствами. Этот сигнал мы будем использовать как несущий.

Нам удалось добиться синхронизации между двумя различными компьютерами путём применения технологии LAN. Время синхронизации такой системы составляет порядка 10 — 15 секунд. С помощью коэффициентов уравнений мы можем изменять форму исходного фазового портрета, тем самым изменяя и параметры самого генерируемого сигнала.

Список литературы:

1 Дмитриев А.С., Панас А.И. Динамический хаос: новые носители информации для систем связи — М.: Издательство Физико-математической литературы. — 2002. - 252с.

2 Короновский А.А., Москаленко О.И., Храмов А.Е. // ЖТФ. — 2010. Е. 80, №4, с. 1 — 8.

Применение адаптивной фильтрации в задачах электрокардиографии

О.С.Осипова, А.А.Коробков

Казанский национальный исследовательский университет им.А.Н.Туполева (КАИ)

Одной из проблем при анализе биоэлектрических сигналов является большой уровень шума, на фоне которого они регистрируются. Источниками шумов и помех могут быть мощные линии электропередач, источники внешних электромагнитных полей, случайные движениями пациента, его дыхание, плохой контакт электродов с телом. Это приводит к искажению формы сигнала и существенно снижает достоверность постановки диагноза врачом. Обычно для выделения полезного сигнала из зашумленного используют частотно-избирательные цифровые фильтры с постоянными коэффициентами. Однако некоторые виды шумов и помех не всегда удается устранить такими методами. В этом случае целесообразно применение

адаптивных фильтров, коэффициенты которых подстраиваются под динамическое изменение сигналов.

Адаптивный фильтр — это фильтр с изменяемыми в процессе работы параметрами, зависящими от критерия работы адаптивного фильтра [1]. Известны методы адаптивной фильтрации для задач анализа биоэлектрических сигналов, описанные в [2], [3]. Также в настоящее время получили распространение алгоритмы LMS (метод наименьших квадратов) и RLS (рекурсивный метод наименьших квадратов) [4]. Достоинство LMS — вычислительная простота, для подстройки коэффициентов фильтра на каждом шаге нужно выполнить N+1 пар операций «умножение — сложение», недостатки: медленная сходимость, повышенная дисперсия ошибки в установившемся режиме. Достоинство RLS — быстрая сходимость. Недостаток: более высокая по сравнению с LMS вычислительная сложность — на каждом такте требуется $(2{,}5N^2+4N)$ пар операций «умножение — сложение». Однако эта квадратичная сложность уменьшается до линейной в быстрых RLS алгоритмах.

Нами было проведено исследование эффективности основных адаптивных алгоритмов для подавления шума применительно к ЭКС. Использовались реальные сигналы с сайта www.physionet.org с различной частотой дискретизации f_s. Принцип применения адаптивных фильтров для шумоподавления подробно описан в [4, с.23-24]. В исследовании к чистому исходному сигналу длительностью 10 с добавлялся БГШ с СКО=0.1 и фиксировалось изменение отношения С/Ш после фильтрации. До фильтрации каждый сигнал центрировался для устранения постоянной составляющей, также его амплитуда нормировалась для получения начального значения С/Ш=10дБ. Применялись адаптивные алгоритмы RLS, LMS, NLMS и FFT BLMS (разновидность LMS, в которой используется блочная обработка сигнала и процедура БПФ), реализованные в MATLAB, DSP System Toolbox (объект adaptfilt).

Результаты показали, что наиболее эффективным алгоритмом является RLS. В дальнейшей работе планируется рассмотреть применение разновидностей алгоритма RLS в данной области задач и их практическую реализацию.

Список литературы:

1 Джиган В._И. Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы. М.: Техносфера, 2013. — 527 с.

2 Коробков, А._А. Полигауссовы алгоритмы совместного оценивания и различения нестационарных биопотенциалов: дис._канд._техн._наук: 05.12.04 / Коробков Алексей Александрович; Каз._гос._техн._ун-т им._А._Н._Туполева. — Казань, 2002. — 170 с.
3 Можгинский, В._Л. Двухэтапная цифровая фильтрация нестационарных низкоамплитудных биопотенциалов: дис._канд._техн._наук: 05.12.17 / Можгинский Виталий Львович; Каз._гос._техн._ун-т им._А._Н._ Туполева. — Казань, 1999. — 160 с.
4 Сергиенко, А._Б. Алгоритмы адаптивной фильтрации: особенности реализации в MATLAB / А._Б Сергиенко // Exponenta Pro. Математика в приложениях. — 2003. — №1. — С.18-28.

Исследование взаимной динамики физиологических процессов

Н.С. Пыко

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

Совместная обработка нескольких физиологических сигналов, исследование их взаимного поведения расширяет возможности диагностики состояния систем человеческого организма. В задачах функциональной диагностики состояния сердечно-сосудистой системы широко используется совместный анализ динамики сердечного ритма и артериального давления. Совместная регуляция сердечного ритма и артериального давления является одной из главных функций центральной и автономной нервных систем. При этом основной целью регуляции сердечного ритма является стабилизация артериального давления, которая реализуется с помощью механизма артериального барорефлекса.

Целью данной работы было изучение совместной динамики сердечного ритма и систолического артериального давления. Исследования проводились с записями значений систолического артериального давления (САД) и пульсовых интервалов (ПИ), следующих за ними, предоставленными Федеральным медицинским исследовательским центра им. В.А. Алмазова. Обработка данных включала процедуру адаптивной рекурсивной фильтрации, направленной на исключение аномальных значений САД и ПИ. Поскольку последовательность пульсовых интервалов является по своей природе неэквидистантной, использовалась кубическая интерполяция и передискретизация рядов данных с частотой дискретизации 5 Гц.

Для достижения поставленной цели были реализованы два метода оценивания совместной динамики реализаций САД и ПИ.

Первый метод основан на вычислении стабильности временной задержки (*TDS* — Time Delay Stability) максимума взаимной корреляционной функции (ВКФ) САД и ПИ [1]. Для вычисления коэффициента *TDS* ВКФ анализируется в перекрывающихся окнах фиксированной длины. При каждом положении окна фиксируется величина временной задержки максимума модуля ВКФ относительно середины окна. Стабильность взаимного поведения процессов отмечается, если на протяжении не менее 5 последовательных фрагментов анализа задержка максимума модуля ВКФ меняется не более, чем на 1 сек. Коэффициент *TDS* рассчитывается как доля интервалов стабильности временной задержки в общей последовательности фрагментов анализа.

Второй метод основан на анализе корреляционных свойств разности фаз последовательностей САД и ПИ. Мгновенные значения фаз определяются на основе преобразования Гильберта. В скользящем окне анализируется автокорреляционная функция разности фаз САД и ПИ и оценивается время корреляции. В качестве количественной характеристики взаимного поведения реализаций артериального давления и пульсовых интервалов используется среднее время корреляции *TCor*. В то время как первый метод позволяет оценить только степень линейной связи самих обрабатываемых процессов, второй метод, основанный на анализе разности фаз, учитывает более сложные особенности взаимодействия процессов.

Поскольку предварительные исследования показали, что значения коэффициентов *TDS* и *TCor* не подчиняются нормальному распределению, для статистического анализа значимости различий данных показателей в группах пациентов был использован непараметрический U-тест Манна-Уитни. Установлено, что в группе больных сахарным диабетом показатель *TCor* ниже, чем в контрольной группе здоровых добровольцев (уровень значимости $p < 0{,}001$), а показатель *TDS* выше (уровень значимости $p < 0{,}05$). Выявлены значимые корреляционные связи данных показателей с традиционно используемыми характеристиками барорефлекса.

Предложенные показатели *TDS* и *TCor* могут служить дополнительными характеристиками работы механизма артериального барорефлекса. Разработанные для оценивания данных показателей программные модули могут применяться для обработки не только физиологических, но и иных

процессов, особенности совместного поведения которых представляют интерес для исследований.

Список литературы:

1. Bartsch R.P., Liu K.K.L., Bashan A., Ivanov P.Ch. Network Physiology: How Organ Systems Dynamically Interact // PLOS ONE, 2015, 10(11): e0142143

Разработка PIN-диодного ограничителя мощности S-диапазона

А.М. Сарибекян, А.М. Юшин

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

ООО «Аргус-ЭТ», Санкт-Петербург

На сегодняшний день интенсивно развивающиеся области такие, как радиолокация, радионавигация, телекоммуникационные системы, предъявляют повышенные требования к параметрам СВЧ устройств. В современной электронике важен очень высокий показатель надежности и устойчивости всей системы в целом при воздействии различных внешних факторов. В частности, во входных каскадах приемных устройств СВЧ-диапазона часто применяются малошумящие усилители (МШУ), которые весьма чувствительны к воздействию мощного СВЧ-сигнала. Типы транзисторов используемых в МШУ наиболее подвержены электрическому пробою, поэтому для защиты СВЧ приемных устройств применяют ограничители. Ограничители, или защитные устройства (ЗУ), предназначены для снижения СВЧ-мощности, поступившей на вход приемников до безопасного уровня. В данной работе был выбран ограничитель мощности на PIN-диодах в каскаде с диодом Шоттки. Выбор ограничителя был обусловлен тем, что такой ограничитель не требует дополнительной подводки питания и имеет сравнительно небольшие размеры.

Целью работы является разработка PIN-диодного ограничителя мощности с заданными параметрами (входная пиковая мощность не более Pin = 48 dBm, мощность на выходе не более Pout = 14 dBm и время восстановления не более 1,2 мкс). Для достижения данной цели были поставлены и последовательно решены следующие задачи:

- моделирование и оптимизация модели ограничителя;

• макетирование и измерение электрических характеристик ограничителя мощности;

• построение стенда для измерения электрических параметров.

В результате работы были проанализированы основные схемы построения ограничителей мощности и сделан выбор в пользу схемы на основе полупроводниковых PIN-диодов в каскаде с диодом Шоттки.

Проведенное электродинамическое моделирование позволило рассчитать топологию ограничителя мощности S-диапазона и подобрать существующие на рынке электронные компоненты. Результаты проведенных измерений электрических параметров показали хорошее соответствие между математическим моделированием и экспериментальными показателями. Разработанный ограничитель мощности полностью удовлетворяет требованиям технического задания.

Исследование возбуждения хаотических солитонов в магнитных пленках

Д.Е.Трошкин

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

В последние годы одним из актуальных научных направлений стало исследование хаотической динамики солитонных образований в ферромагнитных пленках. Передача информации солитонами, которые за счет совместного действия нелинейных и дисперсионных эффектов распространяются по передающей среде (ферромагнитной пленке) без дисперсионного уширения, позволит добиться поразительного качества сигнала, а также создавать высокомобильные генераторы свч-сигналов. Среди пленок, обладающих необходимой однородностью свойств и низкими магнитными потерями, выделяются монокристаллические пленки железо-иттриевого граната (ЖИГ).

Целью данной работы было изучение хаотической динамики солитонных образований в ферромагнитных пленках, а также изучение вопроса модуляционной неустойчивости и возникновения солитонов огибающей в тонкой пленке ЖИГ.

За основу было взято похожее явление в оптических линиях связи, описываемое хорошо известным [1] нелинейным равнением Шредингера (НУШ). Данное эволюционное уравнение было модифицировано, чтобы промоделировать хаотическую динамику спин-волновых солитонов. Была написана программа, осуществляющая преобразование входного импульса произвольной формы и длительности согласно имеющейся модели. В работе использовался метод фурье-расщепления по физическим факторам (Split-Step Fourier Method - SSFM), отлично зарекомендовавший себя во многих работах [2]. Формально, модельное уравнение (НУШ) можно разделить на две части. Первая часть отвечает за нелинейность, вторая — за дисперсию. В методе SSFM приближенное решение получают, предполагая, что при распространении поля на малое расстояние h в пленке нелинейные и дисперсионные эффекты действуют независимо. Распространение от точки z к z+h описывается следующим образом: поле A(z, T) сначала проходит расстояние h/2, на котором действует только дисперсия, при этом используется алгоритм быстрого фурье-преобразования. В точке z+h/2 поле умножается на нелинейный фактор, характеризующий действие нелинейности на полной длине сегмента h, и, наконец, проходит оставшееся расстояние h/2, где действует только дисперсия; в результате получается A (z+h, T).

В модели приняли толщину магнитной пленки ЖИГ 2,2 мкм с намагниченностью насыщения 1750 Гс. Пленка намагничена по нормали к плоскости однородным магнитным полем величиной 4000 Э, при этом обеспечивалось распространение прямых объемных спиновых волн. Входной сигнал с заданной мощностью P_0, длительностью T_0. При минимальной мощности P_{0min} возникала собственная модуляционная неустойчивость СВ, она выражалась в возникновении модуляции огибающей. Увеличение мощности вело к возрастанию глубины наблюдаемой модуляции, далее развивавшейся в периодическую последовательность светлых солитонов огибающей, что типично для волн в средах с нелинейностью типа «притяжение». При достижении порогового значения мощности P_{02} наблюдалось возникновение вторичной модуляционной неустойчивости, выражавшейся в возникновении модуляции амплитуды солитонной последовательности. При дальнейшем увеличении P_0 развитие вторичной модуляционной неустойчивости сначала приводило к появлению солитонного профиля у мо-

дуляции амплитуды первичной солитонной последовательности, затем к ее стохастизации.

Список литературы:

1 G.P. Agrawal , Nonlinear Fiber Optics (1996)
2 M.D. Feit, J. A. Fleck, Applied Optics, 17, 3990 (1978)

Дальняя космическая связь будущего. Перспективы

И.Ю. Ширшов

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

С развитием космонавтики и, в свою очередь, масштабным освоением ближайших планет и Космоса в будущем, потребуются более совершенные средства связи, обеспечивающие высокую скорость доставки пакетов информации между удаленными объектами в условиях иноземной среды. Принимая во внимание значительную удаленность космических тел в пространстве, использование традиционных, «земных», средств связи будет нецелесообразно, так как будет присутствовать большая задержка между абонентами.

На данный момент существуют комплексы спутниковой систем, решающие проблемы связи на поверхности планеты, ТВ и радиовещание, средства контроля обстановки в мире и метеорология. Везде используются традиционные системы связи, весьма удобные для Земли и ее ближайшего пространства, но теряющие свою эффективность, если идет речь о связи с объектом, находящемся, например, на Марсе. Так как освоение Космоса для человечества неизбежно, то необходимо уже вести исследование в области дальней космической связи.

Наиболее серьезное открытие, которое в перспективе может стать вехой в развитие дальней связи, является открытие способа передачи информации с помощью лазера. Сегодня это наиболее перспективное направление развития в этой области. В своей работе я также хочу осветить способ передачи пакетов данный путем спутников-ретрансляторов, то есть методом «эстафетной палочки».

В итоге, обзор имеющихся технологий показал, что революционных открытий в этой области почти не происходило, что ограничивает наличие

конкретной информации, поэтому мой доклад будет иметь литературный обзор по имеющейся информации и дальнейшим перспективам.

Список литературы:

1. Ряховский Е.П., лекции по курсу КС 2015**.**
2. Долгосрочные перспективы Космической деятельности России: сборник научных статей / С.А. Жуков, Б.Н. Кантемиров, В.П.Сенкевич, Г.С.Хозин, В.С. Дмитриев, Москва — 1996.

Исследование параметров суперконденсаторов с псевдоемкостью, реализованной на основе политиофена

П.А. Ильин[1,2], М.С. Масалович[2]

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

[2]Институт химии силикатов имени В.И. Гребенщикова РАН

В последние годы энергетика выходит на передний план технического прогресса. Все большее значение приобретает эффективность технологий преобразования, передачи и хранения энергии. Необходимость хранения в первую очередь связана с тем, что потребление электроэнергии неравномерно. Колебания между максимумами и минимумами потребления в течение суток и в различные дни могут быть очень велики. Даже в фиксированное время суток уровень колебаний между запланированным и реальным потреблением энергии составляет порядка 20%. Обеспечение резервных мощностей — слишком затратный способ решения этой проблемы, который человечество не может себе позволить. К тому же основные источники, генерирующие электроэнергию (атомные реакторы, мощные турбины), в принципе не предназначены для работы в переходных и меняющихся режимах. Для того чтобы демпфировать неравномерность потребления, необходима разработка эффективных накопителей электроэнергии.

Все существеннее изменяются требования потребителей энергии. Все в большем количестве случаев требуется автономность и мобильность энергоисточников. Например, автономный электроинструмент перестал быть экзотикой и превратился в фактор, увеличивающий производительность труда. Автономная связь, переносные компьютеры и даже игрушки

уже потребляют заметную часть производимой энергии, и эта доля продолжает расти. Еще больше требуется автономных источников энергии для специальных, военных и космических нужд. При этом в силу эффективности преобразования и использования электрическая энергия не имеет конкуренции, возможность заменить ее другим видом энергии не просматривается.

Рассмотрим суперконденсатор. Легко догадаться по созвучию, что суперконденсатор является следующей ступенью в развитии обычного конденсатора. В суперконденсаторе используются более сложные материалы и процессы, что позволяет получить значительный выигрыш по емкости по сравнению с обычным конденсатором.

В данной работе будут рассмотрены принципы работы суперконденсатора, его конструкционные особенности, а так же причины, по которым именно это устройство и его производные могут стать (или уже стали) тем самым недостающим звеном энергетики, нивелирующим скачки энергопотребления и открывающим новые горизонты энергетики.

Нами было исследовано влияние тиофена (C_4H_4S) различной концентрации на параметры полученного суперконденсатора с псевдоемкостью, такие как: масса получившегося политиофена, удельная ёмкость, обратимость циклов заряда/разряда, величина саморазряда за цикл. Политиофен синтезируется на платиновом электроде потенциодинамическим методом. Исследование ёмкости полученных электродов производилось тем же методом.

На данный момент исследованы концентрации от 0.0125М до 2М, выявлена приблизительная зависимость исследуемых параметров от концентрации, изготовлен рабочий прототип псевдоконденсатора, ведётся разработка оптимального электролита.

Список литературы:

1. Карпова С.С., Компан М.Е., Максимов А.И., Мошников В.А. Основы водородной энергетики / Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Исследование искажений при кодировании изображений

А.Г. Чепелев

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

Научный руководитель: Морозов А.В.

Цель работы: исследование возможности применения различных методов кодирования с уменьшением объема видеоинформации для увеличения пропускной способности канала передачи.

Актуальность: в современном информационном мире одной из самых актуальных задач является сжатие изображений. Часто объем графической информации превышает ограничения по ее хранению и передаче по каналам связи. В ряде телевизионных систем, таких как охранное телевидение, системы технического зрения, существующей пропускной способности не хватает для передачи несжатого потока до потребителя. Поэтому задача представления изображений в компактной форме (сжатие данных) с сохранением требуемого для тех или иных задач качества является весьма актуальной.

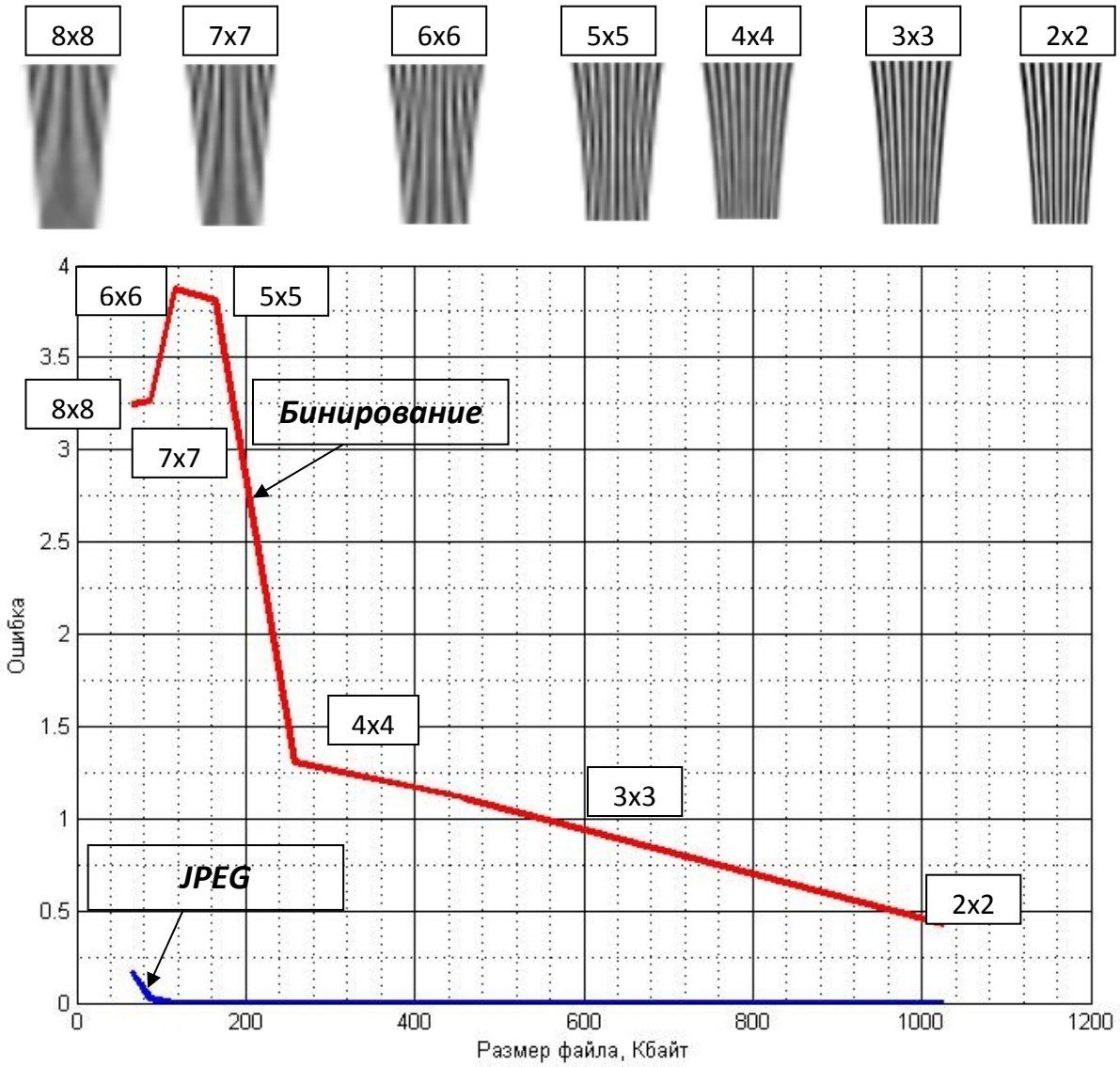
Содержание: в данной работе исследуется алгоритм JPEG в сравнении с алгоритмами бинирования. Берется серия сюжетов, к ним применяются бинирование разных степеней компрессии и алгоритм JPEG с разными степенями сжатия. В результате работы получено, что на штриховых мирах наименьшая ошибка наблюдается у JPEG-кодирования, однако при сжатии сюжетных изображений ошибка алгоритмов JPEG и бинирования примерно сопоставимы друг другу. Ошибка алгоритмов вычисляется как дисперсия разности оригинального изображения и кодированного. В случае бинирования, с каждым шагом размер изображения уменьшается, поэтому для корректного вычисления разности изображения увеличиваются до исходного размера методом билинейной интерполяции.

Методы исследования:

- Сжатие изображений различными алгоритмами с помощью пакета Matlab;

- Сравнение ошибки кодирования различных изображений с помощью пакета Matlab;

- Субъективная оценка: набор статистики мнений группы людей о качестве изображений.



Примеры разных степеней сжатия тестового изображения и график зависимости ошибки от степени сжатия для алгоритмов JPEG и разных степеней бинирования.

Область применения:

- Профессиональная и любительская съёмка;
- Системы охранного телевидения;
- Системы технического зрения.

Резонанс в колебательном контуре с нелинейной емкостью

Н. В. Юткина

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

Материалы с нелинейными диэлектрическими характеристиками получили широкое применение в электронике, одним из которых является сегнетоэлектрик — материал, имеющий нелинейную зависимость диэлектрической проницаемости как от частоты, так и от внешнего электрического поля [1]. В основном такой способ управления используется в конденсаторах, выполненных с использованием сегнетоэлектрика.

Для экспериментального определения возможности перестройки емкости может использоваться схема резонансного контура, в которой сегнетоэлектрический конденсатор является частотно задающим элементом [2]. В данной работе произведено экспериментальное исследование зависимости емкости (планарного конденсатора) от внешнего электрического поля, а также получены теоретические зависимости амплитудного коэффициента передачи от частоты.

Рассмотрим некоторые особенности резонансных явлений в контуре, у которого r и L линейные (и постоянные) элементы, а C = C(E) — нелинейная, зависящая от напряжения емкость. В контур включен источник гармонической ЭДС $e(t) = E\cos\omega t$; амплитуда E поддерживается неизменной, а частота ω медленно изменяется, как это обычно делается при снятии резонансной характеристики контура.

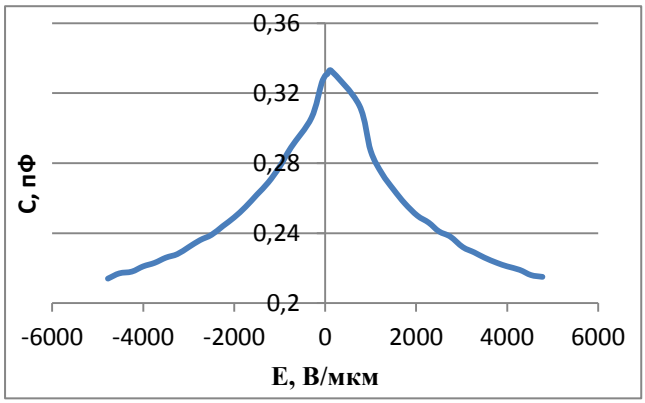
Исходя из дифференциального уравнения: $L\frac{di}{dt} + ri + U_C = E\cos\omega\, t$ и учитывая, что $i = \frac{dq}{dt}$, а напряжение на емкости $U_C = \frac{q}{C(E)}$, переписываем исходное уравнение в форме: $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{r}{L}\frac{dq}{dt} + \frac{1}{L\,C(E)}q = \frac{E}{L}\cos\omega t.$

Нелинейная емкость, зависимость которой была экспериментально получена и представлена на рис. 1а, является функцией и q. Поэтому слагаемое $\frac{1}{L\,C(E)}q$ можно представить в виде нелинейной функции f(q).

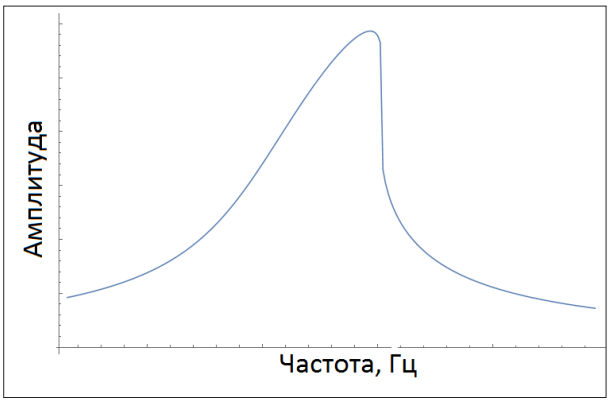
Аппроксимация вольт–фарадной характеристики планарного конденсатора: $\mathrm{C(E)} = \frac{\mathrm{C(0)} - \mathrm{C_{min}}}{1+\mathrm{E^2}/\mathrm{E_0^2}} + \mathrm{C_{min}};$ $\varepsilon(\mathrm{E}) = \frac{\varepsilon(0)-\varepsilon_{\min}}{1+\mathrm{E^2}/\mathrm{E_0^2}} + \varepsilon_{\min}$,откуда

ем $D = \varepsilon_0\varepsilon_{min}E + \varepsilon_0\varepsilon(0)E_0 \arctan\left(\frac{E}{E_0}\right) = \frac{q}{S}$. Тогда первоначальное дифференциальное уравнение принимает вид: $\frac{d^2q}{dt^2} + 2\alpha\frac{dq}{dt} + f(q) = \frac{E}{L}\cos\omega t$, где $\alpha = \frac{r}{2L}$. Функцию $f(q)$ удобно аппроксимировать выражением: $f(q) = \omega_0^2 q + b_2 q^2 + b_3 q^3$, где b_2, b_3 - параметры, учитывающие нелинейность вольт — кулонной характеристики конденсатора при больших амплитудах. Если затухание контура α мало (добротность велика), а резонансная частота ω_0 близка к частоте внешнего воздействия, то решение дифференциального уравнения можно искать в виде гармонического колебания: $q(t) = A\cos(\omega t - \varphi)$, где A и ϕ — подлежащие определению амплитуда и фаза (постоянные) заряда. Результатом является следующее выражение, содержащее искомую зависимость между амплитудой A и частотой ω при заданных ω_0, α и E, которая представлена на рис. 1б.:

$$\frac{1}{16}\Big(7A^6{b_3}^2 + A^4b_3\big(Ab_2 - 9\sqrt{3}Ab_2 + 8\sqrt{3}\alpha\omega - 20\omega^2 + 20{\omega_0}^2\big) + 2A^2\Big(5A^2{b_2}^2 - 2Ab_2\Big(2\big(3+\sqrt{3}\big)\alpha\omega + \big(1-3\sqrt{3}\big)(\omega-\omega 0)(\omega+\omega 0)\Big) + 8(4\alpha^2\omega^2 + (\omega^2 - \omega 0^2)^2)\Big)\Big) = (E/L)^2.$$



а



б

Рис. 1. а) график зависимости емкости конденсатора от напряженности поля, б) амплитудно-частотная характеристика

Список литературы:

1 Вендик, О.Г. Сегнетоэлектрики находят свою «нишу» среди управляющих устройств СВЧ [Текст] / О. Г. Вендик // Физика твердого тела. — 2009. — т. 51. — вып. 7. — С. 1441-1445.

2 Гоноровский, И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. [Текст] / И. С. Гоноровский. — М. : Радио и связь, 1986. — 512 с.

X-циркулятор поверхностного монтажа СВЧ диапазона

А.М. Юшин, А.М. Сарибекян

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Научный руководитель: Ефимов С.В.

X-циркулятор СВЧ диапазона предназначен для использования в активных антенных решётках для маршрутизации радиочастотной энергии из модулей приёма в излучающие элементы и наоборот. Ферритовые сдвоенные приборы, сочетающие в себе совместное исполнение вентиля и циркулятора, встречается редко. Однако известны конструкции в микрополосковом исполнении и при встраивании их в систему возникают трудности связанные с их подключением. При монтировании приборов в СВЧ тракт возникают трудности стыковки микрополосковых линий ферритового прибора и линий СВЧ тракта, т.к. под приборы встраиваемые в разрыв СВЧ тракта приходится делать соответствующие лунки. Лунки делаются механическим способом и точность их изготовления может стать причиной дополнительных потерь, связанных с излучением во внешнее пространство электромагнитного поля.

Для решения проблем монтирования приборов предлагается использовать способ монтирования приборов, прямо на поверхность подложки проходящего СВЧ. В предлагаемом циркуляторе магнитное основание установлено на метализированной с обеих сторон диэлектрической пластине со сквозными металлизированными отверстиями, причём пластина имеет овальную форму, снабжена четырьмя выступами, на которых выполнены с обеих сторон металлизированные площадки со сквозными отверстиями, на трёх из которых закреплены три выступающих конца полоскового элемента, а четвёртый соединён с поглощающей согласованной нагрузкой.

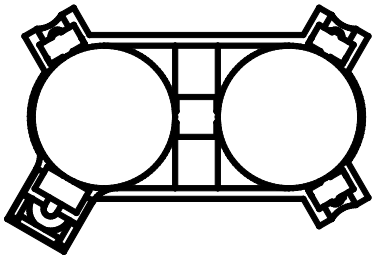


Рис. 1. Х-циркулятор поверхностного монтажа.

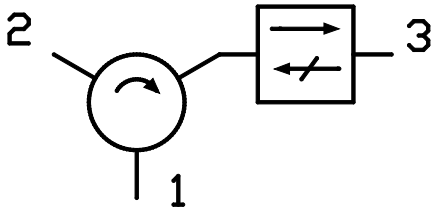


Рис. 2. Принципиальная схема работы прибора

Применительное подключение каналов

1 — Передатчик

2 — Антенна

3 — Приемник

Достигаемый технический результат — увеличение повторяемости характеристик циркулятора при его массовом изготовлении, уменьшение себестоимости путём унификации технологии изготовления элементов, входящих в состав циркулятора и уменьшение числа компонентов, входящих в состав циркулятора. Повторяемость результатов обеспечивается за счёт жёсткого закрепления выступающих концов полосковой структуры в самом устройстве, которое приводит к устранению влияния процесса монтажа на параметры циркулятора.

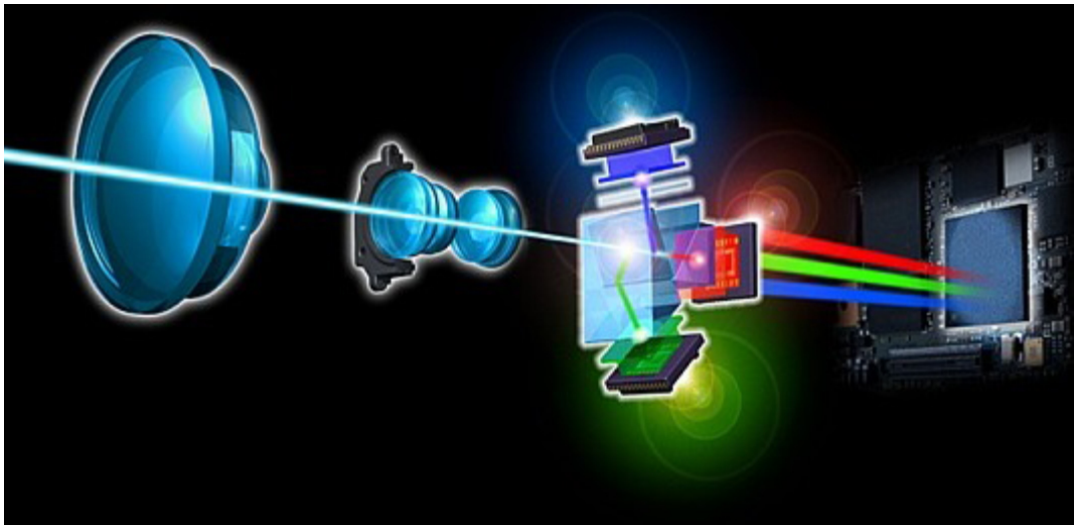


Рис. 1. Трехматричная система.

Свет через объектив проходит на светоделительную призму. С помощью дихроичных пленок, стоящих в призме, свет разделяется на 3 составляющих: красный, синий, зеленый. После чего свет попадает непосредственно на монохромные матрицы, где преобразуется в видеосигнал и идет напрямик в видеопроцессор.

Методы улучшения разрешения изображения

А.В. Кожухарь

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

Научный руководитель: Морозов А.В.

Цель работы: Изучение способов увеличения разрешения изображения путем реконструкции изображения высокого разрешения из последовательности кадров с низким разрешением. Определение оптимального метода реализации суперразрешения в зависимости от поставленной задачи. Анализ некоторых методов, выявление достоинств и недостатков.

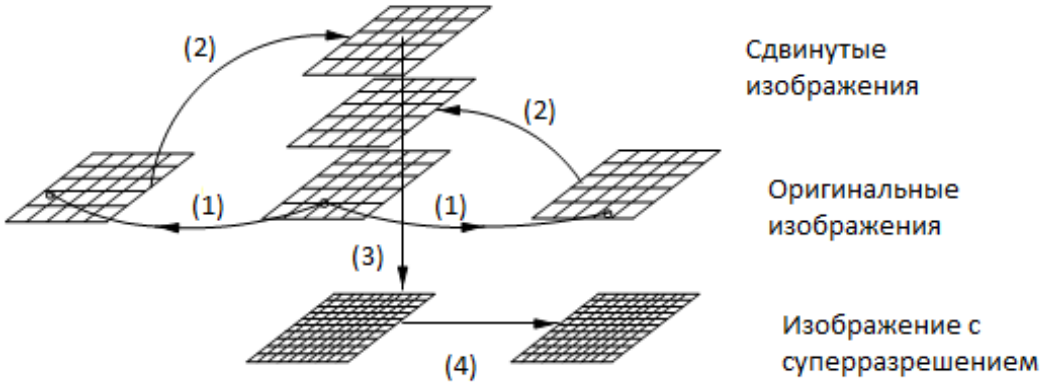
Актуальность: В наше время, проблема слежения за безопасностью в общественных местах стоит довольно остро. Камеры видеонаблюдения, установленные на улицах города, вокзалах и других местах, где необходимо слежение за безопасностью, в большинстве случаев не имеют достаточной разрешающей способности, чтобы в плотном потоке людей распознать и выделить лицо определенного человека. Есть немало выходов из сложившейся ситуации, один из которых будет замена камер с низкой разрешающей способностью на новые дорогие камеры. Данный способ подразумевает вкладывание больших денежных средств. Есть так же другой способ улучшения разрешающей способности камер путем внедрения дополнительного программного обеспечения, что будет гораздо дешевле. Вследствие этого возможность выявления правонарушителей заметно возрастет.

Методы реализации:

- обратное интерполирование со сдвигом ядра на определенную величину пикселя, затем интерполирование суммы с помощью пакета Matlab;

- накладывание соседних изображений на основное при съемке динамичной сцены, дальнейшее интерполирование;

- внедрение специализированного вспомогательного устройства, имитирующего дрожание камеры.



Получение изображения с суперразрешением: (1) - последовательность изображений, на которых известно положение определенных пикселей; (2) - сдвиг предыдущего и последующего изображения; (3) - накладывание изображений друг на друга; (4) - восстановление резкости изображения.

Практическое применение:

- улучшение качества видео при любительской съемке;
- системы охранного ТВ;
- системы технического зрения.

Выводы: Технология суперразрешения является перспективной областью исследования методов повышения качества изображений при низком исходном разрешении телевизионной системы. Она дает многообещающие результаты даже на сложных реальных последовательностях, несмотря на различные уровни шума и размытости ядер, может реконструировать как основные структуры, так и мелкие детали текстуры.

Список литературы:

1. Simon Baker and Takeo Kanade, Limits on Super-Resolution and How to Break Them, 2002 г.
2. Simon Baker and Takeo Kanade, Super-Resolution Optical Flow, 1999 г.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И БИОТЕХНОЛОГИИ

Влияние антенных систем на информационные потоки в акустических содарах

А.Н. Алаев, М.В. Лаптев, Г.А.Петров

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

В последние годы, наряду с традиционными методами измерения метеорологических параметров, таких как метеомачты и радиозонды, совершенствуются методы дистанционного акустического зондирования при помощи содаров. Эти данные используются не только для синоптического прогнозирования, но и при решении вопросов анализа распространения электромагнитного и акустического излучений в атмосферном пограничном слое [1,2], а также диффузии частиц примесей [3].

Содар (SODAR, аббревиатура от SOnic Detection And Ranging) — это система, которую используют для дистанционного измерения структуры вертикальной турбулентности и профиля ветра в нижних слоях атмосферы. При акустическом зондировании в атмосферу излучается короткая пачка звуковых волн, которая при распространении рассеивается на акустических неоднородностях атмосферы. По времени задержки отраженного сигнала определяют дальность неоднородностей, по мощности отраженного сигнала можно судить об интенсивности турбулентности, а по доплеровскому сдвигу частоты можно определить проекцию ветра на направление зондирования. Актуальность использования содаров состоит в возможности получения длинных и непрерывных временных рядов наблюдений турбулентности как горизонтальных, так и вертикальных профилей ветра.

Целью настоящего исследования является аналитическое сравнение антенных систем в содарах и формируемых ими информационных потоков.

Одним из основных элементов содаров является акустическая антенная система, обеспечивающая излучение зондирующего сигнала и его прием. Существует два основных типа антенных систем приема-передачи: многоосевая и фазированная. В многоосевой системе обычно используются три параболических антенны, одна из которых направлена вертикально,

а другие — под небольшим углом (обычно 20–30°). Во время работы содара все три антенны могут быть использованы последовательно или одновременно. Технология фазированной решетки предоставляет возможность управления полосой звуковых колебаний в любом направлении, по многим осям. Система состоит из множества небольших источников звуковых сигналов (от 16 до 100 и более элементов).

В ходе анализа антенных систем были получены следующие результаты:

1. Для дистанционной диагностики высотно-временной структуры области интенсивного турбулентного теплообмена в нижнем слое атмосферы над точкой наблюдения (на высоте до 1200 м), а также для измерения профилей скорости и направления ветра, подходят стационарные содары с трехосевой антенной системой.

2. Для оперативного зондирования нижних слоев атмосферы (до 300–400 м) целесообразно использовать содары с фазированной решеткой. Они компактны, легко перемещаемы, а также позволяют получать информацию по нескольким направлениям одновременно без поворота антенны.

Большинство систем предоставляет возможность получения данных в виде текстовой и графической информации (диаграмм), иллюстрирующих горизонтальный и вертикальный профили ветра, данные по интенсивности сигналов. При использовании антенных систем с фазированной решеткой формируется несколько потоков информации, связанных с большим количеством осей излучения. Например, может применяться система, формирующая 40 независимых сигналов в полосе 1...3 кГц, в которой поворот луча диаграммы направленности осуществляется с помощью линии задержки [4].

Из-за большого объема генерируемых данных, архивируются только усредненные значения, непрерывные ряды данных не сохраняются. Это в большей степени касается содаров, имеющих антенную систему с фазированной решеткой из-за большого количества каналов. Поэтому можно сделать вывод, что в таких приборах данные делятся на два вида: текущие и архивные. Текущие данные о состоянии нижних слоев атмосферы выводятся на устройство вывода в режиме реального времени, а поток с долговременной информацией, архивируется в памяти содара и дает возможность прогнозировать изменение ветра в будущем, а также давать

оператору исчерпывающую информацию об изменении атмосферных условий за определенный временной отрезок.

Список литературы:

1. Красненко Н. П., Шаманаева Л. Г. Пространственно-временная динамика характеристик атмосферной турбулентности по результатам акустического зондирования // Ученые записки физического факультета Московского университета. 2014. № 6 (14). С. 146306-1–146306-8.
2. Шаманаева Л. Г., Красненко Н. П. Содарные измерения ветровых и турбулентных характеристик атмосферы // XI Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу. Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН. Томск, 2015. С. 221–222.
3. Гараев В. М. Способ широкомасштабного контроля низковысотных температурных инверсий в городской атмосфере // Контроль. Диагностика. 2011. № 7. С. 69–72.
4. Красненко Н. П., Раков А. С., Раков Д. С., Шендрик Д. А. Акустическая антенная решетка с электронным управлением лучом диаграммы направленности // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2013. № 3 (29). С. 53–57.

Разработка системы определения положения тела человека в пространстве

Е.В. Алексеенкова, А.И. Скоробогатова

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

В настоящее время возникает необходимость отслеживания положения отдельных участков тела человека в пространстве. Такой контроль перемещения отдельных конечностей тела позволяет оценивать характер движения человека и детально рассматривать механизмы перемещения. Подобные системы отслеживания имеют широкое применение и могут использоваться как в медицине, так и в других областях (системы безопасности, кинематограф, спортивная медицина и т.д.).

Поэтому основной целью данной работы стала разработка беспроводной системы регистрации положения тела человека в пространстве. Данную систему отслеживания положения тела в пространстве предлагается реализовать при помощи нескольких основных блоков, представленных на рис. 1. В качестве основы для системы используется масштабируемая сеть датчиков положения и центральное устройство, обеспечивающее реги-

страцию данных с датчиков, их хранение, предварительную обработку и беспроводную передачу на персональный компьютер (ПК).

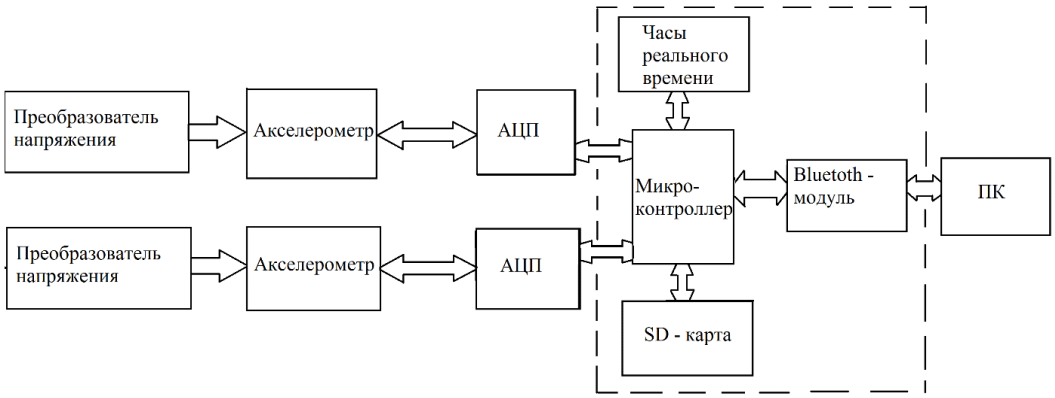


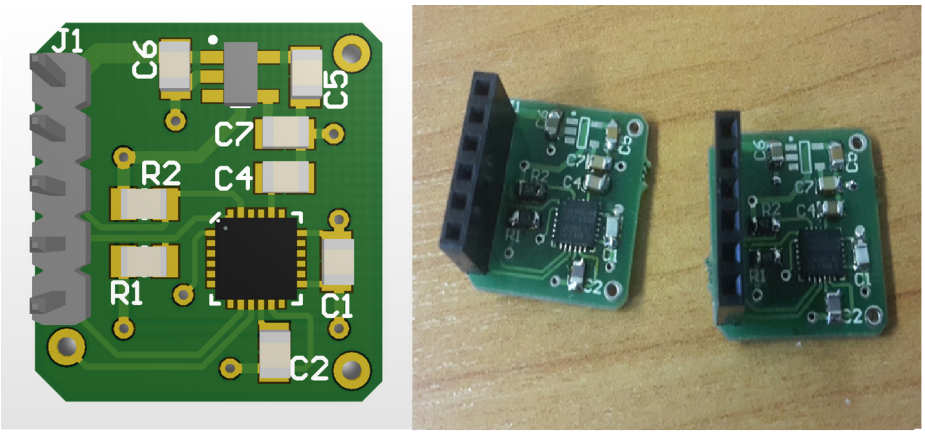
Рис. 1. Структурная схема системы.

Работа устройства должна быть полностью автономной, поэтому центральное устройство включает следующие блоки:

1) микропроцессорный блок (собранный на базе платы Arduino UNO), осуществляющий непосредственное управление устройствами;
2) часы реального времени, регистрирующие время получения массивов данных с датчиков;
3) карта памяти (SD-карта) для независимого (дублирующего) сохранения данных с датчиков
4) Bluetooth — модуль, обеспечивающий беспроводную передачу данных на ПК;
5) блок обеспечения автономного питания системы, дающий возможность удаленной и независимой от ПК работы.

В данном проекте в качестве датчика предлагается использовать микросхему MPU6000, которая сочетает в себе трёхосевой гироскоп и акселерометр. Датчик включает в себя 16-разрядные аналого-цифровые преобразователи (АЦП) для оцифровки сигнала, которые позволяют получать данные в цифровом виде и передавать их по последовательному SPI или I2C интерфейсу на управляющий микроконтроллер.

В программе проектирования печатных плат Circuit Maker была разработана отладочная плата для микросхемы MPU6000 (рис. 2).



а б

Рис.2. а. Разработанная печатная плата датчика (MPU6000) в программе Circuit б. Maker и вид готовой платы

Для отладки разработанных плат в программной среде Arduino была разработана программа для регистрации данных с двух датчиков. Данные в режиме реального времени поступают на ПК и выводятся на мониторе в виде последовательных значений ускорений по 3 осям с индексами 1 и 2, соответствующими номеру датчика. Опрос датчиков осуществляется с установленной задержкой. На первом этапе работы данные, полученные с датчиков, обрабатываются в программной среде MatLab для получения необходимых численных показателей.

Дальнейшей целью проекта является практическая реализация системы отслеживания положения тела в пространстве, а именно:

1) разработка центрального устройства регистрации в виде законченного модуля (без использования платы Arduino)
2) Увеличение количества одновременно работающих датчиков до 10;
3) Изготовление удобной системы крепления датчиков на теле человека
4) Разработка алгоритма обработки данных в программной среде MatLab.

Разработка портативной системы для оценки интенсивности физических нагрузок по показателям пульсовой волны

Е. В. Богдан, Е.А. Пустозеров

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

Непрерывный мониторинг состояния человека является на сегодняшний день одним из наиболее перспективных направлений для предупреждения заболеваний и поддержания здоровья человека. Важным показателем, учитываемым системами непрерывного мониторинга состояния человека, являются физические нагрузки, учет которых занимает ведущее место в системах самоконтроля состояния человека. Однако существующие на сегодняшний день решения не позволяют в достаточной степени точно и автоматизировано учитывать физические нагрузки людей с различными заболеваниями, в частности, с сахарным диабетом.

Целью данной работы является разработка системы для непрерывной оценки характера и интенсивности физических нагрузок по показателям физиологических сигналов человека.

В качестве исследуемого биологического сигнала, параметры которого сопоставляются с показателями физической активности, на первом этапе исследования была выбрана пульсовая волна. В медицине обширно проводятся исследования связанные со скоростью пульсовой волны для определения факторов риска сердечно-сосудистой системы [1]. Анализ пульсовой волны в настоящее время позволяет также получать данные об общем состоянии организма человека [2].

Для сбора экспериментальных данных нами был разработан интегрируемый с персональным компьютером прототип системы оценки показателей пульсовой волны на основе микроконтроллера.

На начальных этапах экспериментального исследования были получены записи пульсовой волны при различных физических нагрузках и в состоянии покоя. Далее производилась первичная обработка полученных результатов для удаления артефактов, рассчитывались показатели пульсовой волны и закономерности в состоянии покоя и при физических нагрузках.

Эти сигналы будут использованы для разработки математической модели оценки физических нагрузок по показателям физиологических сигналов [3].

В дальнейшем планируется автоматизировать сохранение и обработку полученных результатов, разработать систему для непрерывного мониторинга состояния человека, для чего будет реализована дистанционная запись сигналов через Bluetooth, сохранение и отображение данных в режиме реального времени.

Список литературы:

1. Tine Willum Hansen, Jan A. Staessen, Christian Torp-Pedersen. The Article Prognostic Value of Aortic Pulse Wave Velocity as Index of Arterial Stiffness in the General Population [2006; 113: 664-670] — Режим доступа: http://circ.ahajournals.org/content/113/5/664.short
2. O'Rourke MF, Gallagher DE, University of New South Wales Medical Professorial Unit, St Vincent's Hospital, Sydney, Australia: Официальный журнал Международного общества гипертонии [1996 , 14 (5) : S147-57] — Режим доступа**:** http://europepmc.org/abstract/med/9120672 (Internet)
3. Пустозеров Е.А., Юлдашев З.М. Модель и метод оценки расходуемой пациентом энергии для контроля метаболического баланса организма. Биотехносфера. 2015. № 4 (40). С. 21-24.

Оценка маневра форсированного выдоха по аускультативному сигналу трахеального дыхания как метод инструментальной диагностики пациентов с ХОБЛ

К.В. Власова

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

ХОБЛ — заболевание, при котором наблюдается нарушение движения воздушного потока из легких, воспаление легочных тканей. Заболевание спровоцировано длительным воздействием патогенных ингаляционных частиц или газов. Основными причинами являются курение, работа на промышленных предприятиях, плохая экология. При диагностике важно производить измерение объемных и скоростных показателей: жизненной емкости легких, остаточного объема легких, пиковой объемной скорости. «Золотым стандартом» функциональной диагностики состояния дыхательной системы является спирометрия, которая применяется чаще всего в амбулаторных условиях [1]. Вместе с тем, у спирометрии имеется ряд недостатков: необходимость постоянной калибровки датчика и его дезинфекции при каждом использовании, влияние датчика на акт дыхания (вследствие создания дополнительного сопротивления потоку воздуха), невозможность проведения длительного и удаленного мониторинга [2]. Вышеперечисленные причины исключают возможность раннего выявления симптомов обострений заболевания, поэтому целью работы являлся

поиск оптимального метода инструментальной диагностики состояния дыхательной системы пациентов с ХОБЛ.

Авторами предлагается использовать акустический метод, ранее описанный В.И. Коренбаумом [3], заключающийся в анализе маневра форсированного выдоха по сигналу трахеального дыхания, зарегистрированного с помощью стетоскопа. Акустический датчик не требует постоянной калибровки и дезинфекции, что упрощает его применение в домашних условиях. В [3] показано, что оценка маневра форсированного выдоха по аускультативному сигналу трахеального дыхания может применяться как метод инструментальной диагностики пациентов с ХОБЛ (в частности, оценка продолжительности трахеальных шумов форсированного выдоха), однако в настоящий момент отсутствует система верификации данного маневра. Анализ методики проведения спирометрического исследования [4] помог выявить необходимость «фиксирования» следующих неблагоприятных ситуаций: поздний старт маневра форсированного выдоха и раннее его окончание, отсутствие пика на кривой «поток-объем» вследствие недостаточности прилагаемых пациентом усилий, нарушение каскада мгновенных объемных скоростей на разных уровнях ФЖЕЛ: 25%, 50%, 75%. Для разработки заявленной системы верификации осуществляется синхронных анализ спирометрической кривой «поток-объем» и звуковых файлов трахеального дыхания.

Список литературы:

1. Овчаренко С.И., Лещенко И.В. Современные проблемы диагностики хронической обструктивной болезни легких // Уральская государственная медицинская академия, Екатеринбург.
2. Перельман Ю.М., Приходько А.Г. Спирографическая диагностика нарушений вентиляционной функции легких: пособие для врачей, изд. 2, Благовещенск 2013. 44 с.
3. Коренбаум В.И., Почекутова И.А. Разработка акустического метода диагностики вентиляционной функции легких // Фундаментальные науки — медицина. Биофизические медицинские технологии. Под ред. академика Григорьева А.И., Владимирова Ю.А., Москва 2015, с. 216-223.
4. Чучалин А.Г., Айсанов З.Р., Чикина С.Ю. Федеральные клинические рекомендации по использованию метода спирометрии. Российское респираторное общество, 2013. 21 с.

Статический пьезоэлектрический генератор

Н.А. Гончарова

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

Системы пьезогенерации в России и за рубежом в настоящий момент претерпевают бурное развитие, что связано с возможностями их применения в качестве систем автономного питания для разнообразных устройств микроэлектроники [1]. Основным достоинством пьезоэлектрических материалов для получения является большая удельная мощность, которую можно с их помощью получить, а также простота использования [1, 2]. Пьезогенераторы энергии могут располагаться на некотором основании, которое может плотно прилегать, например, к элементу строительной конструкции, либо к полу, к дорожному полотну, к вибрирующей поверхности.

В результате внешнего воздействия на пьезоэлемент на его выходе возникает электрическое напряжение, которое после выпрямления поступает на схему, управляющую зарядом аккумулятора, а затем энергия заряженного аккумулятора используется потребителем, т.е. используется даровая энергия внешнего воздействия, либо вибрации различных объектов.

Целью данного исследования являлось моделирование работы пьезоэлектрического генератора в статическом режиме. Предполагалось, что преобразователь в виде столбика состоит из параллельно соединенных пьезоэлементов, на который осуществляется силовое воздействие. При деформации пьезоэлементов на электродах вследствие прямого пьезоэффекта возникает электрический заряд.

Решение подобной задачи позволило произвести синтезирование отдельных элементов пьезогенератора в случае его однородного напряженно-деформированного состояния.

Решаемые задачи:

- анализ существующих конструкций статических пьезогенераторов;
- выбор конструкции пьезогенератора;
- моделирование работы пьезогенератора в программе COMSOL 5.1;
- определение оптимальных параметров работы пьезогенератора.

Итогом проделанной работы является создание модели малогабаритного устройства генерации электроэнергии, основанного на линейном пьезоэффекте, получаемом при напряженно-деформированном состоянии стержня (столбика) из параллельно соединенных пьезоэлементов.

Проведенное численное моделирование показало, что при механической нагрузке эквивалентной массе в 100 кг максимальное смещение пьезостолбика составило 9 мм. Получена характеристика выходного напряжения в зависимости от частоты воздействия на пьезогенератор, максимум которого достигает 75 В.

Список литературы:

1. Sodano H., Park G., Inman D. J. A Review of Power harvesting from Vibration Using Piezoelectric Materials // The Shock and Vibration Digest. — 2004. — V. 36. — № 3. — P. 197–205.
2. Anton S. R., Sodano H. A. A Review of Power Harvesting Using Piezoelectric materials (2003–2006) // Smart materials and Structures. — 2007. — V. 16. — R1–R21.

Модель отклика квадрокоптера на идентифицированные ситуации в среде LabVIEW

Н.О. Горшенин, Б.В. Рябошапко

Южный Федеральный Университет

На сегодняшний день робототехника стала неотъемлемой частью нашей жизни. Актуальной задачей является создание автономной интеллектуальной навигационной системы, позволяющей отказаться от внешних систем управления движением. Для реализации такого алгоритма использовались принципы ситуационного управления, предложенные Д.А. Поспеловым [2]. В общем виде схему слоев искусственного интеллекта (ИИ) описывает формула [3]: сенсорика + моторика + безусловные и условные рефлексы + врожденные программы (инстинкты) + мышление = интеллект. Распознавание модели обстановки (уровень сенсорики) осуществлялось с применением системы из 3 интеллектуальных ультразвуковых датчиков, описанных в [1]. Создание такой системы позволило перейти к следующему слою ИИ — моторике, что означает выбор одного из вариантов действия, определяемого возникшей ситуацией (таблица 1). Нами была предпринята попытка такого перехода для квадрокоптера.

Таблица 1. Ситуации, реакции и их техническая реализация.

Реакция	***Вербальное описание***	***Техническая реализация***
M1	Препятствий нет. Необходимо определить направление дальнейшего полета	Отправка специального сигнала оператору.
M2	Препятствие впереди. Уход назад	Тангаж положительный
M3	Препятствие слева. Уход вправо.	Крен левый
M4	Препятствие справа. Уход влево.	Крен правый
M5	Препятствие «левый угол». Уход вправо-назад	Тангаж положительный + крен левый
M6	Препятствие «правый угол». Уход влево-назад	Тангаж положительный + крен правый
M7	Препятствие «коридор». Уход вперед с поддержанием постоянного расстояния до стен.	Тангаж отрицательный
M8	Препятствие «тупик». Уход назад с поддержанием постоянного расстояния до стен.	Тангаж положительный
M9	Чрезвычайная ситуация. Необходимо осуществить «зависание» и определить дальнейшее направление полета.	«Сброс» значений тангажа и крена. Отправка специального сигнала оператору.

В рамках данной работы проводилось моделирование связи между моторикой и сенсорикой квадрокоптера в среде визуального программирования LabVIEW. Результаты моделирования представлены на рис. 1.

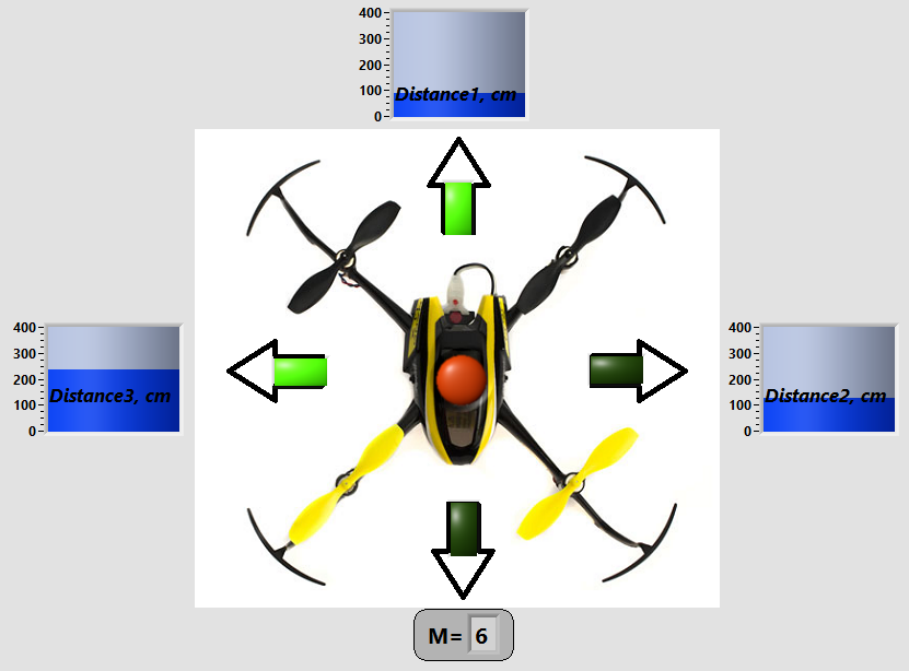


Рис.1. Лицевая панель виртуального прибора.

Обладая сведениями о модели внешней обстановки, квадрокоптер производит выбор соответствующей реакции (*M*): направления движения

представляют собой стрелки-индикаторы, а специальный сигнал — круглый красный индикатор, расположенный в центре.

Полученные результаты подтвердили возможность перехода от сенсорики к моторике квадрокоптера с применением ситуационного моделирования.

Список литературы:

1. Горшенин Н.О., Рябошапко Б.В. Аэроакустическая интеллектуальная система предупреждения лобового столкновения квадрокоптера с препятствием // Материалы XXXVI-XXXVII международной научно-практической конференции «Научная дискуссия: проблемы математики, физики, химии, биологии. — «Интернаука», 2016. С. 35-42.
2. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика — М.: Наука — Физ.мат.лит., 1986
3. Ярушина Н.Г. Нечеткие нейронные сети // Новости искусственного интеллекта — 2001. — № 2-3.

Моделирование аэродинамического пьезогенератора

Р.Р. Емилова

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

Широкое распространение в настоящее время разнообразных автономных устройств радиоэлектроники требует создания к ним систем электрического питания. Одним из подходов в данном направлении является разработка миниатюрных пьезоэлектрических генераторов, преобразующих даровую энергию вибраций, присутствующих практически везде, в электрическую энергию. Анализ работ [1–4] по получению электрической энергии из вибраций для питания микроэлектронных устройств показывает существенное преимущество пьезоэлектрического способа по сравнению с электромагнитным или электростатическим. Среди них: большая, по сравнению с остальными способами преобразования, удельная получаемая мощность, а также простота конструкции. Диапазон величин получаемых напряжений значительно шире, нежели у всех остальных типов генераторов. К недостаткам пьезоэлектрического способа получения энергии можно отнести большое выходное сопротивление источника, однако этот недостаток можно легко компенсировать путем правильного выбора коли-

чества элементов пьезогенератора и способа их включения — параллельного или последовательного.

Основываясь на вышеизложенном, целью данной работы являлась разработка модели пьезогенератора для обеспечения питания малогабаритных летательных аппаратов. Для этого решались следующие задачи:

- выбор подходящего конструктивного исполнения пьезогенератора;
- проведение конечно-элементного моделирования в программе COMSOL;
- определение параметров пьезогенератора.

При моделировании рассматривалось крыло летательного аппарата, находящееся в воздушном потоке или аналог данной ситуации проставка в вентиляционном коробе, продуваемой трубе и т.п. При этом вибрация крыла происходит в основном за счет турбуленции потока газа в концевой части крыла (узкой части). Пьезоэлементы в виде тонких полос размещены на двух поверхностях крыла. В процессе моделирования исследовались зависимости вырабатываемой электроэнергии от частоты вибраций.

Результаты численного моделирования показывают, что в случае протекания газа со скоростью 10 м/с, вырабатываемый уровень напряжения достигает 180 В на частоте резонанса. При других же скоростях протекания газа пики смещаются по частоте, то есть можно достигнуть выработки напряжения, близкой к максимальной (т. е. 180 В) в диапазоне частот от 0 до 10 кГц.

Тем самым моделирование аэродинамического преобразователя показывает, что пределы вырабатываемого напряжения достаточно высоки, при этом частотный диапазон зависит от скорости протекания газа и является относительно широким.

Список литературы:

1. Erturk A., Inman D. J. Piezoelectric Energy Harvesting. N.-Y.: Wiley, 2011. — 392 p.
2. Williams C. B., Yates R. B. Analysis of a Micro-electric Generator for Microsystems // Sensors and Actuators A: Physical. — 1996. — V. 52. — № 1. — P. 8–11.
3. Xiang J., Wu Y., Li D. Energy harvesting from the discrete gust response of a piezoaeroelastic wing: Modeling and performance evaluation // Journal of Sound and Vibration. — 2015. — V.343. — P.176–193.
4. Abdessattar A., Hajj M. R. Performance enhancemend of wing-based piezoaeroelastic energy harvesting through freeplay nonlinearity //Theoretical and Applied Mechanical Letters. — 2013. — V. 3. — №4. — C.041001.

Математическая обработка данных тестирования. Формирование оценки личностных качеств и адаптированности к факторам окружающей среды

П.А. Живцова, Е. Д. Грушина

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича

В современных условиях на первое место выступает проблема социальной ценности человека, при этом здоровье является одним из важных объективных условий жизнедеятельности. Среди множества факторов, определяющих работоспособность и другие характеристики здоровья, большую роль играет уровень адаптированности к факторам окружающей среды и насколько хорошо в нем развиты личностные качества, такие как вежливость, честность, внимательность и другие.

Научно технический прогресс постоянно вносит новые факторы, изменяющие поведение различных категорий людей социума. В современных условиях актуально изучение поведения человека в условиях, когда постоянно необходимо находиться в большом коллективе и приобретать новые знания и практический опыт. Такая среда с одной стороны способствует развитию собственных способностей человека к овладению профессией, как это происходит в учебном заведении, а с другой стороны граничит с получением психологических травм являющихся следствием, например, коммуникационных актов. В работе рассматривается возможность оценки уровня адаптированности к факторам окружающей среды, а также оценки личностных качеств человека, построение которых осуществляется информационными компьютерными технологиями.

Мы разработали программный модуль для тестирования, состоящий из 200 вопросов.

90	Для восстановления творческого потенциала мне нужен длинный период времени	☐ Абс НЕТ	☑ НЕТ	☐ Возможно НЕТ	☐ Возможно ДА	☐ ДА	☐ Абс ДА	ВЕРНО
91	Я хорошо владею методами моделирования	☐ Абс НЕТ	☐ НЕТ	☐ Возможно НЕТ	☑ Возможно ДА	☐ ДА	☐ Абс ДА	ВЕРНО
92	Воздерживаешься ли ты в процессе спора от эмоциональных аргументов, не относящихся к делу?	☐ Абс НЕТ	☑ НЕТ	☐ Возможно НЕТ	☐ Возможно ДА	☐ ДА	☐ Абс ДА	ВЕРНО
93	Ранее прерванная работа сложно исполняется в будущем	☐ Абс НЕТ	☐ НЕТ	☐ Возможно НЕТ	☐ Возможно ДА	☑ ДА	☐ Абс ДА	ВЕРНО
94	Я не оцениваю свои возможности перед исполнением работы	☐ Абс НЕТ	☑ НЕТ	☐ Возможно НЕТ	☐ Возможно ДА	☐ ДА	☐ Абс ДА	ВЕРНО
95	У меня развито чувство толерантности	☑ Абс НЕТ	☐ НЕТ	☐ Возможно НЕТ	☐ Возможно ДА	☐ ДА	☐ Абс ДА	ВЕРНО
96	Я люблю утреннее творчество	☐ Абс НЕТ	☐ НЕТ	☑ Возможно НЕТ	☐ Возможно ДА	☐ ДА	☐ Абс ДА	ВЕРНО
97	Я лидер в коллективе	☐ Абс НЕТ	☐ НЕТ	☐ Возможно НЕТ	☑ Возможно ДА	☐ ДА	☐ Абс ДА	ВЕРНО
98	Легко ли тебе возобновить работу, которую ты не выполнял в течение нескольких недель или месяцев?	☐ Абс НЕТ	☐ НЕТ	☑ Возможно НЕТ	☐ Возможно ДА	☐ ДА	☐ Абс ДА	ВЕРНО
99	Умеешь ли ты терпеливо объяснять?	☐ Абс НЕТ	☐ НЕТ	☑ Возможно НЕТ	☐ Возможно ДА	☐ ДА	☐ Абс ДА	ВЕРНО
100	Любишь ли ты работу, требующую умственных усилий?	☐ Абс НЕТ	☐ НЕТ	☐ Возможно НЕТ	☐ Возможно ДА	☑ ДА	☐ Абс ДА	ВЕРНО
101	Мои реакции на внешние события часто очень эмоциональны	☐ Абс НЕТ	☐ НЕТ	☐ Возможно НЕТ	☐ Возможно ДА	☑ ДА	☐ Абс ДА	ВЕРНО
102	Легко ли ты засыпаешь после сильных переживаний?	☐ Абс НЕТ	☐ НЕТ	☐ Возможно НЕТ	☑ Возможно ДА	☐ ДА	☐ Абс ДА	ВЕРНО
103	Можешь ли ты в случае необходимости воздержаться от демонстрации своего преимущества?	☐ Абс НЕТ	☐ НЕТ	☐ Возможно НЕТ	☑ Возможно ДА	☐ ДА	☐ Абс ДА	ВЕРНО
104	Ведешь ли ты себя как обычно в присутствии незнакомых людей?	☐ Абс НЕТ	☐ НЕТ	☐ Возможно НЕТ	☑ Возможно ДА	☐ ДА	☐ Абс ДА	ВЕРНО
105	Я мало проявляю свои эмоции	☐ Абс НЕТ	☐ НЕТ	☑ Возможно НЕТ	☐ Возможно ДА	☐ ДА	☐ Абс ДА	ВЕРНО

После мы провели эмпирическое исследование с помощью этого модуля. В исследовании приняли участие 32 аспиранта СПбГУТ им. проф. Бонч-Бруевича различной гендерной принадлежности, возраста и национальности.

Далее мы обработали полученные данные и подвели итоги проведенного исследования.

Оценка адаптируемости к факторам окружающей среды

Память

#1	№ Вопроса	Баллы	Текст вопроса
	170	25	Я хорошо запоминаю прочитанный материал объемом 100 страниц
	32	30	Я помню закон Ома
	Сумма	55	
	Вебера-Фех	4,23674	

Осведомленность

#2	№ Вопроса	Баллы	Текст вопроса
	17	25	Я всегда интересуюсь новейшими технологиями
	177	25	Я стремлюсь постигать перспективные в будущем технологии
	Сумма	50	
	Вебера-Фех	4,33205	

Проницательность

#3	№ Вопроса	Баллы	Текст вопроса
	127	25	Обычно первое впечатление о человеке вас не обманывает
	189	15	Я всегда замечаю малейшие изменения в настроении собеседника
	Сумма	40	
	Вебера-Фех	4,55519	

Оценка личностных качеств

Вежливость

#1	№ Вопроса	Баллы	Текст вопроса
	33	25	Я всегда говорю "спасибо" продавцам в магазине
	74	15	Поднимать руку, когда задаешь вопрос спикеру - обязательно
	Сумма	40	
	Вебера-Фех	4,55519	

Тактичность

#2	№ Вопроса	Баллы	Текст вопроса
	38	25	Я всегда могу выслушать даже неинтересный рассказ
	150	25	Можете ли вы дослушать неувлекательный рассказ собеседника, не перебивая?
	Сумма	50	
	Вебера-Фех	4,33205	

Честность

#3	№ Вопроса	Баллы	Текст вопроса
	71	30	Я верну найденный телефон его владельцу
	199	25	Признаться, что вы что-то сломали в гостях - это правильно
	Сумма	55	
	Вебера-Фех	4,23674	

Учитывая то, что тестовая часть программы построена на основе теории когнитивного диссонанса с применением расширенной шкалы оценок, было принято решение построить анализ на законе Вебера — Фехнера. В математической форме закон принимает вид:

$$p = k * \ln \frac{S}{S_0}$$

В нашем стендовом докладе мы хотим представить: особенности созданного нам программного модуля, факторов, которые влияли на проведение тестирования, особенности обработки данных, полученных в ходе тестирования, а также результаты и интересные закономерности, выявленные в ходе тестирования.

К вопросу практической реализации информационно-измерительной системы для получения информации о распределении давления по опорной поверхности стоп человека

Э.А.Даминова, Т.В.Мирина

Уфимский государственный авиационный технический университет

Научно-исследовательская работа предполагает не только теоретическую проработку поставленной задачи, моделирование ее, а также предполагает, в качестве своего завершения, практическую реализацию предложенного решения поставленной исследователем задачи.

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. При дальнейшем же рассмотрении процессов построения таких систем возникают вопросы, связанные с эргономикой: при совершении локомоторных актов испытуемым человеком нагрузке подвергается не только сам испытуемый, но и оборудование, которое записывает показатели. Так изначально было предложено использование передачи данных по ленточным кабелям. Однако, учитывая нагрузки на него, они будут не надежны, если смотреть на них со стороны срока службы. В связи с этим возникла проблема поиска альтернативного способа передачи сигналов. Решением послужило использование беспроводных персональных систем Bluetooth. Отметим, что данный вид беспроводной передачи данных ориентирован на применение в медицине и встречается сегодня в некоторых других медицинских системах.

Помимо решения вопроса надежности передачи сигнала, данный вид связи 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. На практике применение биологической обратной связи используется достаточно долго и уже доказало свою эффективность.

Внедрение беспроводной передачи информационно-измерительных сигналов позволит не только обеспечить 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 преобразователей давления на основе тензоэффекта — всевозможных интегральных преобразователей давления, например, тензорезисторов. Тензорезисторы, как известно, уже зарекомендовали себя в других областях микроэлектроники. Сегодня же на рынке микроэлектронных компонентов можно встретить достойную замену таким датчикам — сенсорные чувствительные элементы, рассчитанные на соответствующую нагрузку в виде давления. Преимущество таких первичных преобразователей не только в их 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.

Рассмотренный подход к построению систем для диагностики опорно-двигательного аппарата имеет свои отличительные черты, которые определяются целями проводимых исследований. Однако при построении таких систем следует учитывать современные возможности предлагаемых микроэлектронных компонентов, так как многие из них имеют возможности совместной интеграции. Полезный эффект от такого взаимодействия микроэлектронных компонентов очевиден и заключается в синергии — суммировании эффектов взаимодействия нескольких факторов.

Метод исследования влияния аневризм в артериях головного мозга на гемодинамические параметры

Д.Б. Елфимов, С.Л. Богданов

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

Нарушения мозгового кровообращения представляют собой одну из самых актуальных проблем современной медицины. Наиболее частой причиной поражения артерий и сосудов головного мозга является аневризма. Очень важно правильно и в кратчайшие сроки диагностировать аневризму, чтобы снизить факторы риска субарахноидального кровоизлияния. В области аневризмы значительно изменяется скорость и тип кровотока, возникают завихрения, появляется стаз крови. Все это значительно увеличивает риск образования тромбов, отрыв и миграция которых может спровоцировать ишемию участка мозга.

Хирургическое вмешательство, единственный эффективный метод лечения артериальных аневризм головного мозга. Решающим фактором в принятии решения о хирургическом вмешательстве являются: возраст больного, размер аневризмы, наличие сопутствующих соматических заболеваний, семейная предрасположенность к кровоизлиянию. Для разорвавшихся аневризм есть шкала Hunt and Hess и шкала Всемирной федерации нейрохирургических обществ, по которым можно определять целесообразность хирургического вмешательства. Одной из главных проблем на данном этапе остаётся отсутствие подобных классификаций для неразорвавшихся аневризм.

По этой причине сосудистые хирурги, нейрохирурги и ангиологи в большей степени выносят диагноз, опираясь на собственный опыт оказания медицинской помощи больным, что не может не сказываться на качестве диагностики и лечения.

Современные возможности науки и программы прикладного характера дают возможность более эффективно проводить диагностику, прогнозировать тяжесть аневризм и улучшать качество принимаемых врачом решений по хирургическому вмешательству при неразорвавшихся аневризмах. Поэтому одной из наиболее актуальных задач биомеханики на сегодняшний день является создание нового метода исследования влияния цере-

бральных аневризм на гемодинамические параметры в артериях головного мозга.

Целью данной работы является разработать биомеханический метод исследования влияния церебральных аневризм на гемодинамические параметры в артериях головного мозга.

За время, прошедшее с начала изучения биологических объектов, накоплено большое количество информации в медицине, биологии, биомеханике. Они содержат те или иные, часто неполные сведения о различных процессах, протекающих в каждом биологическом объекте. Часто эти сведения крайне противоречивы, так как они получены при исследованиях: проведенных при различных методиках, без указания погрешности измерений, разных людей и животных, находящихся в различных состояниях, часто без фиксации необходимых механических и биологических факторов.

Разработанные биомеханические модели должны удовлетворять следующим требованиям: качественно воспроизводить реальные механические процессы в структурах и органах биологического объекта в физиологических состояниях, описываемые ими процессы должны соответствовать фундаментальным законам функционирования биологических систем.

Разработка алгоритма выделения характерных точек сигнала пульсовой волны

Т.А. Клишковская, А.А. Анисимов

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

Широкая распространенность сердечно-сосудистых заболеваний требует создания новых методик диагностики нарушений работы сердца и сосудов на самых ранних этапах развития патологий. Одним из методов, дающих наиболее объективную и точную характеристику состояния сосудов, является метод определения жесткости сосудистой стенки, которая в свою очередь тесно связана с таким показателем, как скорость распространения пульсовой волны. Для ее расчета существует несколько методов, но в каждом из них основным становится вопрос определения опорной точки пульсовой волны (ПВ).

Целью работы стало разработка алгоритма для выделения характерных точек ПВ. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: во-первых, определить какую точку сигнала ПВ считать опорной, во-вторых, разработать алгоритм выделения выбранной точки.

Среди наиболее характерных точек сигнала ПВ можно выделить следующие: точка минимума — минимальное значение сигнала ПВ перед началом резкого подъема переднего фронта, точка максимального перегиба, где происходит наиболее крутой подъем, и точка максимума ПВ. Среди основных причин сложности выбора опорной точки можно выделить две: возрастные изменения и качество сигнала. С возрастом форма сигнала ПВ значительно меняется, уплощается его верхушка, и выделение максимума становится затруднительным. Качество сигнала также играет важную роль, так как не всегда удается получить сигнал без помех. Поэтому было решено использовать минимум ПВ в качестве опорной точки, потому что она меньше остальных подвергается влиянию при изменении формы ПВ и плохом качестве сигнала.

Для выделения минимума сигнала ПВ в программной среде MATLAB было реализовано для дальнейшего сравнения три алгоритма: метод двойного дифференцирования, метод пересечения касательных и метод пересечения нижней линии и касательной к переднему фронту сигнала ПВ — в качестве вспомогательного для их реализации также был использован сигнал электрокардиограммы (ЭКГ), записанный синхронно с сигналом ПВ. Из сигнала ЭКГ с помощью модифицированного алгоритма Пана - Томпкинса были выделены характерные точки QRS-комплексов, с помощью которых сигнал ПВ был разделен на отдельные кардиоциклы, внутри которых далее и происходил поиск характерных точек.

Первый метод достаточно прост. Идея заключается в том, что минимум ПВ соотносится с точкой максимальной скорости изменения первой производной сигнала и, следовательно, с максимумом второй производной. Последовательность работы алгоритма следующая: фильтрация от высокочастотной помехи, вычисление первой и второй производной, поиск максимума второй производной, который соответствует искомой точке.

В основе второго метода лежит предположение, что минимум соотносится с точкой пересечения касательных, проведенных к переднему и заднему фронту ПВ. Поиск точки пересечения выполняется по следующему алгоритму: производится фильтрация сигнала, затем строится касательная

к переднему фронту сигнала (проводится через точку, соответствующую максимуму первой производной), после чего строится касательная к заднему фронту и находится точка пересечения двух прямых.

Согласно основной идее третьего алгоритма, минимум ПВ находится на пересечении нижней линии и касательной к переднему фронту сигнала. Нижняя линия проводится по трем точкам на ПВ, соответствующим моментам появления R-зубцов, с помощью метода наименьших квадратов. Затем, как в предыдущем методе, строится касательная к переднему фронту ПВ и находится точка пересечения.

После проведения сравнительного анализа реализованных алгоритмов, наиболее эффективным был признан второй из них (метод пересечения касательных). Главный недостаток метода двойного дифференцирования заключается в том, что он работает хорошо только в случае отсутствия помех, а такой сигнал удаётся получить далеко не всегда. Третий метод требует существенной вычислительной мощности, что критично при работе с портативными автономными системами.

Список литературы:

1. E. Kazanavicius, R. Gircys, and A. Vrubliauskas. Mathematical methods for determining the foot point of the arterial pulse wave and evaluation of proposed methods. Information Technology and Control, vol. 34, no. 1, 2005, pp. 29-36.

Проблема прекращения сброса неочищенных промывных вод фильтровальных водопроводных сооружений

А.С. Кузюкова, А.А. Смолякова

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

Основным источником водоснабжения Санкт-Петербурга и пригородов является река Нева. Из неё забирается более 96% воды, которая проходит обработку на 5 наиболее крупных водопроводных станциях: Главная водопроводная станция (ГВС), Северная водопроводная станция (СВС), Южная водопроводная станция (ЮВС), Волковская водопроводная станция (ВВС), Водопроводные очистные сооружений города Колпино (ВОС).

Целью данной работы является анализ качества водопроводной воды г. Санкт-Петербурга и вопроса о прекращении сброса неочищенных про-

мывных вод в водные объекты на станциях водоподготовки ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

На ГВС эта задача была решена за счет приема неочищенных промывных вод в систему водоотведения. На блоке К-6 ЮВС эту проблему сброса неочищенных промывных вод решили путем внедрения технологии оборотного водоснабжения. Полученный эффект — повышение качества работы первой ступени очистных сооружений в тонкослойных отстойниках.

Выбранные решения прекращения сброса неочищенных промывных вод целесообразно оценивать как положительный опыт. Предпочтение следует отдать решению оборотного водоснабжения. Так как оно позволяет более рационально использовать речную воду за счет очистки и повторного использования.

В настоящее время часто при решениях проблем экологии используют геоинформационные системы. В программном обеспечении QGIS создан проект с картой Санкт-Петербурга и Ленинградской области, куда нанесены точки, отражающие расположение водопроводных станций. К точкам привязаны статистические данные о показателях качества воды на выходе со станций (среднегодовые за 2011-2015 гг. и среднемесячные за 2015 г.). Анализ на основе работы с инструментами атрибутивных таблиц показал, что превышений показателями установленных нормативов не обнаружено. На рис. 1 показан пример с данными за 2012 год, поле атрибутивной таблицы «Opasnost».

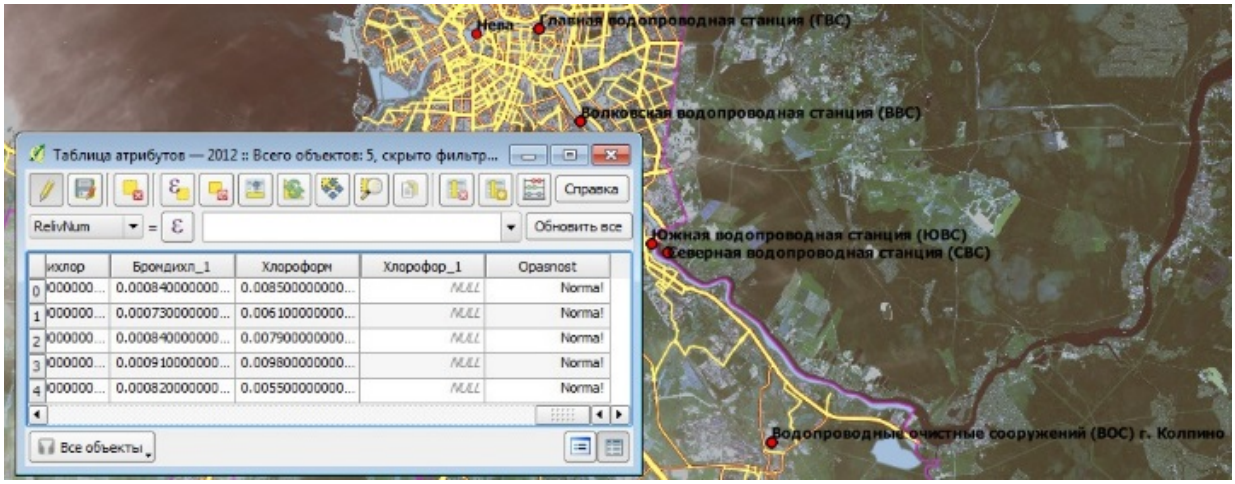


Рис.1. Отображение и анализ данных в ГИС.

К точкам на карте, отражающим расположение станций, прикреплены графики, показывающие соотношение показателей качества воды с соот-

ветствующими нормативами. Графики можно просматривать с помощью встроенного в QGIS модуля eVis.

После проведенной очистки физико-химические показатели качества воды оказались адекватными, за исключением относительно высокого уровня мутности, присущего воде в определенное время года, когда р. Нева характеризуется содержанием высоких концентраций взвешенных веществ, повышенной цветностью (37 Pt/Co, мг/л) и достаточно высокими показателями химической потребности в кислороде.

Беспокойство вызывает микробиологическое качество воды, повышенное значение которого указывает на то, что основной источник загрязнения воды — бытовые стоки. Высокая окисляемость перманганатная (расход $KMnO_4$), также свидетельствует о значительном загрязнении реки Невы. В ходе замера было выявлено, что содержание общего органического углерода составляет 9,3 мг/л, что указывает на очень высокий уровень загрязнения органическими веществами. Концентрация тетрахлорида углерода близка к предельно допустимому уровню. Концентрации железа, нитритов, фенолов и бензопирена превышают стандарты ЕЕС, но находятся в допустимых пределах по российским стандартам.

Авторы работы выражают благодарность в предоставлении материалов начальнику службы главного технолога ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» Портновой Татьяне Михайловне, а также научным руководителям Величко Анне Николаевне и Мининой Анастасии Андреевне.

Методы и средства поверки ультразвуковых толщиномеров

М.Ю. Марьин

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

Ультразвуковая дефектоскопия является одним из самых распространенных методов неразрушающего контроля. Для проведения исследования толщины объекта, используют ультразвуковый толщиномеры. Они часто используются в ситуациях, когда имеется доступ только к одной стороне поверхности изделия, толщина которого должна быть определена, например: трубопроводы или в тех местах, где простые механические измерения невозможны или нецелесообразны по другим причинам, таким как, размер изделия или ограниченный доступ.

Факт того, что измерение толщины может быть сделано легко и быстро с одной стороны, без необходимости вырезания какой-либо части, является главным преимуществом использования ультразвукового толщиномера. Практически любой конструкционный материал может быть измерен с помощью ультразвука. Ультразвуковой толщиномер может быть использован для металлов, пластмасс, композитов, стекловолокна, керамики и стекла.

Для ультразвуковых толщиномеров характерно наличие ультразвукового датчика в зонде, который посылает импульс через анализируемое покрытие. Импульс отражается от поверхности и затем преобразуется датчиком в высокочастотный электрический сигнал. Эхо сигнала оцифровывается и анализируется для определения толщины покрытия.

Все ультразвуковые толщиномеры работают на основе очень точного измерения времени необходимого звуковому импульсу, сгенерированному преобразователем, для прохождения через тестовый образец. Поскольку звуковые волны отражаются от поверхности материала, измерение эхо от дальней стороны образца может быть использовано с целью измерения его толщины, таким же образом, как радар или сонар для измерения расстояния [1,2].

С некоторой периодичностью все ультразвуковые толщиномеры должны проходить поверку. Поверкой является совокупность операций, с целью, определения и подтверждения соответствия средств измерений установленным техническим требованиям.

Существует несколько частей, из которых состоит поверка:

1. Внешний осмотр. При проведении внешнего осмотра устанавливают: отсутствие механических неисправностей (по внешнему виду) и посторонних предметов внутри толщиномера, — наличие технического описания и инструкции по эксплуатации или заменяющего их документа, — комплектность согласно техническому описанию или заменяющему его документу, — плавность движения и четкость фиксации в установленных положениях органов управления, и т.д.

2. Опробование. Согласно инструкции по эксплуатации толщиномер подготавливают для работы по стали. Измеряют толщину меры из стали, соответствующую выбранному диапазону измерений. Толщиномер должен показать значение близкое к номинальному значению толщины ме-

ры. Измерение проводят с каждым преобразователем из комплекта толщиномера.

Определяют возможность настройки толщиномера на скорость ультразвука в пределах нормированного диапазона скоростей только с одним из работоспособных преобразователей.

3. Определение метрологических характеристик. Определяют основную абсолютную погрешность измерения толщины [3].

Список литературы:

1. ГОСТ 28702-90 Контроль неразрушающий. Толщиномеры ультразвуковые. Общие технические требования.
2. Неразрушающий контроль. В 5 кн. Электромагнитный контроль: практ. пособие/ В.Г. Герасимов, А.Д. Покровский, В.В. Сухоруков; под. ред. В.В. Сухорукова. — М.: Высш. шк., 1992. Кн. 3. — 312 с.
3. ГОСТ 8.495-83. Толщиномеры ультразвуковые. Контактные методы и средства поверки.

Оценка величины методической погрешности установки пассивных маркеров на кожу стопы и поверхность обуви во время регистрации кинематики и кинетики движений человека при диагностике патологий голеностопного сустава

В.Н. Матвеева, А.Ю. Аксёнов

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

Современные фирмы и компании уже давно используют оптические инфракрасные камеры для разработки реабилитационной и спортивной обуви, ортопедических стелек, протезов и робототехники. Видеоанализ позволяет проводить регистрацию кинематики и кинетики всех суставов человека с очень высокой точностью, поэтому он широко используется в диагностике, реабилитации и коррекции опорно-двигательного аппарата человека. Реконструкция кинематики движений человека происходит с помощью маркеров, установленных на тело человека, которые регистрируются с помощью инфракрасных камер. Современные методы видеоанализа заключаются в использовании инфракрасных камер с высоким разрешением матрицы и частотой съёмки (до 10000 кадров в секунду) в совокупности с силовыми платформами.

Такие компании как Reebok, Adidas, Scholl и другие используют лаборатории видеоанализа, для разработки своих изделий. В настоящее время существует множество методов тестирования и установки маркеров на тело человека. Анализ литературы показал, что основной метод регистрации кинематики и кинетики голеностопного сустава для разработки реабилитационной обуви заключался в установке маркеров непосредственно на поверхность обуви, а не на кожу стопы, тем самым регистрируя движение просто обуви.

Цель данного исследования заключается в определении уровня неточности метода установки пассивных маркеров, непосредственно на обувь и оценке вариабельности кинематических и кинетических данных голеностопного сустава. Тем самым это позволит повысить точность в научных разработках, улучшить качество реабилитации и лечения различных заболеваний, связанных с опорно-двигательным аппаратом.

В исследовании приняли участие 15 мужчин в возрасте 25,3 ± 2,73 лет с массой тела 71,3 ± 8,5 кг, ростом 1,74 ± 0,06 м и размером стопы, соответствующим 8 размеру обуви по европейской системе. Регистрация проходила в клинической лаборатории биомеханики университета Салфорд (Великобритания).

Стандартная классическая обувь для мужчин была адаптирована под исследование. В различных конструкциях обуви пассивные маркеры устанавливались на поверхность обуви и на кожу (были проделаны отверстия). В исследовании тестировались пять пар обуви с различной высотой каблука, три пары с различной длиной переката от пятки до метатарзальной области, две пары с различным уровнем переката пятки, три пары с различной жесткостью сгибания в метатарзальной области стопы, три пары с разным углом подъёма носка.

Кинематические данные регистрировались в трех плоскостях с помощью 16 высокоскоростных инфракрасных камер SXGA OQUS ™ 3+ с установленной частотой 100 Гц. С помощью четырёх силовых платформ с частой измерения 1000 Гц (AMTI, Watertown, MA, USA, model BP600400) производилась запись кинетических данных.

Статистические данные были обработаны в программе SPSS statistics V.22 методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с Бонферроне коррекцией. Уровень статистической значимости был установлен $p < 0.05$.

Новый метод регистрации движений человека с использованием маркеров, расположенных непосредственно на коже ноги пациентов, показал высокую вариабельность кинематики голеностопного сустава по сравнению с методом установки на обувь $p < 0.05$. Момент сгибания и разгибания, энергия генерации и абсорбции голеностопного сустава показали статистически высокую вариабельность при сравнении двух методов $p < 0.05$.

Результаты проведённого исследования показывают, что методы установки маркеров значительно влияют на вариабельность получаемых данных. Следует заметить, что неточность метода приводит к ошибке в результатах, поэтому может в значительной мере повлиять на точность разработки различных конструкций терапевтической обуви и стелек, тем самым уменьшая эффективность, а в отдельных случаях приводить к обратному эффекту ортопедической обуви.

Метод установки маркеров непосредственно на кожу является более точным, и его рекомендуется использовать в исследованиях биомеханики опорно-двигательного аппарата. Результаты исследования подтвердили важность выбора метода регистрации кинематики и кинетики движений человека и высокую эффективность использования систем видеоанализа при разработке реабилитационной обуви.

Очистка поверхностей пластин для использования в микроэлектронике при помощи ультразвуковой кавитации

А.Ю.Михник

УНЛ «Импульсные электротехнологии»

Одним из ключевых факторов качества производства изделий микроэлектроники является чистота производства. Системы для очистки поверхности, с одной стороны должны тщательно удалять загрязнения как крупных, так и малых размеров, а с другой стороны — не должны допускать повреждения самих изделий. Обеспечить эти, во многом противоречивые требования, возможно с использованием кавитационных процессов в жидкости, возникающих под действием технологического ультразвука.

Эффективность очистки поверхности во многом определяется взаимным расположением излучателя УЗ волн и изделия. Научно обоснованных рекомендаций по этому поводу в литературе не приводится. Подобное по-

ложение потребовало проведения дополнительных исследований, направленных на определении области, в которой необходимо расположить материал, для его эффективной очистки.

При проведении этих исследований использовалось следующее оборудование: генератор ИЛ10-0.63, магнитострикционный преобразователь (ПМС-0.63-22) и комплекс для измерения ультразвукового давления производства ООО «Ультразвуковая техника — ИНЛАБ», специальные цилиндрические волноводы-излучатели с диаметром излучающих поверхностей 13 и 23 мм, цилиндрическая емкость, объемом 100 литров.

В экспериментах в бассейн с водой, в которую на глубину 1 см был погружён торец волновода, располагалась система, которая обеспечивала перемещение комплекса для измерения акустического давления с шагом 0.5 см по радиусу и глубине. В каждой точке проводилось по 3 измерения. С каждым волноводом было проведено по три эксперимента, с различными уровнями мощности источника питания УЗ системы (полная, ¾, а также $^1/_2$ мощности).

Пространственное распределение акустического давления, приведенное на рис. 1, позволяет сделать следующие выводы:

Во всех экспериментах наблюдалось существование двух областей с практически неизменным акустическим давлением.

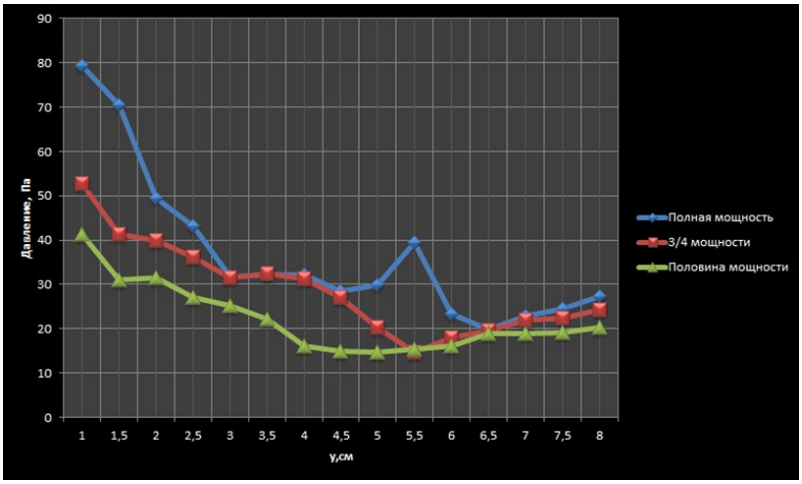


Рис.1. Распределение давления на шаге 0,5 см от оси большого волновода.

1. Пространственное расположение первой из этих областей изменяется в зависимости от мощности и применяемого волновода, однако значение акустического давления в этой области оказывалось одинаковым во всех экспериментах (около 30 кПа).

2. Вторая область с давлением от 19 до 21 непосредственно примыкает к стенкам камеры. Её существование связано с наложением прямой и обратной, отражённой от стенок камеры, волн.
3. В среде наблюдалось также существование двух областей с резко падающим давлением. Один из них находится в диапазоне от 30 кПа и выше, другой — тот 20 до 30 кПа.

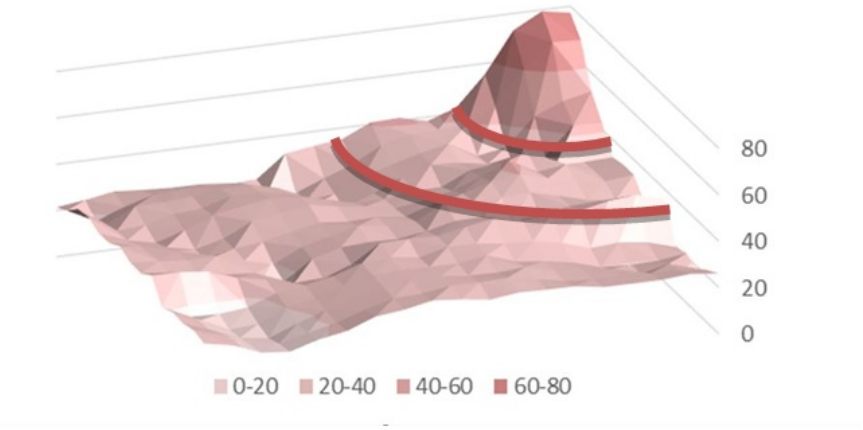


Рис. 2. Трёхмерная картина распределения акустического давления в жидкости.

Поскольку УЗ давление однозначно связано с мощностью УЗ воздействия, в области, где есть резкие перепады акустического давления происходит выделение энергии и именно в этих областях целесообразно располагать очищаемые образцы

Разработка технологии изготовления ростовых микроплатформ на основе анодного оксида алюминия для экспресс-анализа микроорганизмов

Е.Е. Нестеров, Т.М. Зимина, Е.Севостьянов, О.Астахова

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

Технологии «лабораторий-на-чипе» позволяют решать актуальные проблемы биомедицинского анализа. Одной из таких проблем является рост распространенности бактериальных инфекций и повышение их устойчивости к антимикробным препаратам. Успешная борьба с возникновением и распространением новых устойчивых штаммов патогенных бактерий определяется оперативностью установления их вида и выбора эффективной антибактериальной терапии. В настоящее время

микробиологические методы для проведения такого анализа являются трудоемкими, малопроизводительными, длительными (занимают 3 — 7 дней). Внедрение портативных систем для оперативных клинико-диагностических исследований на основе одноразовых миниатюрных интегрированных диагностических платформ — «лабораторий-на-чипе» (ЛНЧ) требует разработки многообразия интегрируемых функциональных сенсорно-актюаторных элементов, в первую очередь, средств для обеспечения выращивания микроколоний в автоматическом режиме. Обеспечение такой функции включает ряд операций: загрузку пробы, равномерное распределение пробы, подачу жидкой питательной среды заданного состава, подача газовой среды заданного состава, терморегулирование, автоматическое отсоединений выросших микроколоний от зон роста, их перемещение во внешние модули. Ключевым элементом здесь является пористая среда как основа для прикрепления и роста микроколоний.

Нанопористые биосреды являются быстро развивающейся областью в исследовании наноматериалов с большим потенциалом для развития и дальнейшего применения в областях медицинской диагностики инфекционных заболеваний. С целью поиска путей решения задачи создания ростовых субстратов, интегрированных в ЛНЧ, исследована технология формирования платформы, содержащей множество ростовых площадок из пористого анодного оксида алюминия (ПАОА). ПАОА-мембраны как класс самоорганизующихся материалов являются высоко упорядоченным субстратом с большим количеством достаточно однородных, регулируемых в широком интервале наноразмерных пор, перпендикулярных обеим поверхностям, их равномерной плотностью, высокой пористостью и большой площадью поверхности. Кроме того нанопористый АОА является электрически изолирующим, химически стабильным, биоинертным и биосовместимым. Следует отметить принципиальное отличие ПАОА от анодных оксидов других вентильных металлов — широкий диапазон толщин оксидов: от десятков нанометров до нескольких сотен микрон. Таким образом, АОА обладает рядом уникальных, присущих только ему свойств, совокупность которых в сочетании с развитой интегральной технологией позволило нам использовать его в работе. Основной задачей данной работы является разработка технологии создания структур в едином технологическом цикле, достижение гомогенности структур, позволяющей опти-

ческую регистрацию кластеров микроорганизмов, при сохранении достаточной мехнической прочности.

Поскольку особенностью данного метода является соизмеримость зон роста и микроколоний, что предполагает выделение сразу чистой культуры микроорганизмов и сокращает время анализа до одного порядка, требуется решить техническую задачу формирования массива миниатюрных ростовых площадок с возможностью контроля подачи питательной среды.

Исследована линейка макетов ростовых платформ, выполненная на основе толстопленочной технологии на стеклянной подложке. Топология массива ростовых зон сформирована с помощью лазерной резки по рисункам, выполненным в программе AutoCAD2014. Сборки сэндвич-структур выполнены на основе стеклянных подложек, обеспечивающих оптический доступ для контроля процесса. Нанопористые мембраны формировали в сборках при варьировании параметров процесса с целью оптимизации однородности и воспроизводимости пористой структуры.

Использование микробиологической ЛНЧ позволит радикально сократить время микробиологического анализа, повысить точность и, благодаря портативности, сделать его децентрализованным и доступным для широкой врачебной практики. Это внесет вклад в решение проблем здравоохранения.

Исследование влияния высоты каблука на плантарное распределение давления под стопами для рекомендаций при различных патологиях стопы

Никитина Ю.А.,Аксенов А.Ю.

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

В тезисах раскрывается исследование плантарного давления на стопу от высоты каблука.

Введение

Любая женщина согласится, что обувь на высоком каблуке делает ее более красивой и привлекательной, визуально увеличивает длину ног, размер груди, и делает более худой. Поэтому, большинство молодых девушек носит туфли на высоком каблуке каждый день, несмотря на негативные

последствия (различные жалобы, включая тяжесть и боль в ногах, мышечную усталость, дискомфорт и боль в позвоночнике). Со временем могут происходить различные скелетно-мышечные нарушения, такие как фасциит, вальгусная деформация, растяжение лодыжки, и хроническая боль в пояснице. Все вышеперечисленные болезни могут развиваться с течением времени при длительном использовании обуви на высоком каблуке. Помимо этого, туфли на высоком каблуке резко снижают баланс и повышают риск падения. Для компенсации баланса, девушки периодически сгибают колени и наклоняются вперед, что приводит к изменению стиля ходьбы и нагрузки на различные отделы опорно-двигательного аппарата, в частности позвоночник.

Цель данного исследования является изучение влияния высоты каблука на интегральное распределение давления под стопами, а также баланса во время ходьбы со средней скоростью с целью понимания биомеханических изменений стопы, как в динамике, так и в статике. Это нужно для разработки рекомендаций людям с патологиями опорно-двигательного аппарата (диабет и т д), так и без каких-либо заболеваний.

Метод

Исследование проводилось в биомеханической лаборатории университета «ЛЭТИ» на аппаратно-программном комплексе «ДиаСлед-М» (комплекс регистрации, отображения и обработки информации о динамике распределения давления между стопой и опорной поверхностью).

В эксперименте участвовали восемь молодых здоровых девушек в возрасте 20.8 ± 1.2 года, массой тела 51.3 ± 8.5 кг, ростом 1.65 ± 0.06 м и размером стопы 38. Люди с патологией опорно-двигательного аппарата из тестирования исключались. В процессе биомеханических исследований тестировались 4 пары обуви с разной высотой каблука (1 см; 2.5 см; 7см; 13 см). Каждая тестируемая проходила предварительную адаптацию к каждой паре обуви перед регистрацией данных. Производился контроль скорости ходьбы 4 км/час ± 2.5% для снижения влияния этого параметра на биомеханику опорно-двигательного аппарата.

Полученные данные были обработаны в программе Matlab. Статистический анализ производился в программе SPSS statistics V.22 методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с Бонферроне коррекцией. Уровень статистической значимости был установлен $p < 0.05$.

Результаты

Экспериментальные результаты исследований показали, что обувь на высоком каблуке (7см и 13 см) приводит к значительному смещению интегральной нагрузки стопы, плантарного давления и центра масс из пяточной и средней области стопы в метатарзальную. Это приводит к увеличению нагрузки пальцев ног по сравнению с обувью без каблука $p<0.05$.

Все участницы эксперимента обратили внимание, что с увеличением высоты каблука, нагрузка на икроножные мышцы также увеличилась, вследствие чего икроножные мышцы находились в сокращенном состоянии, тем самым был увеличен расход энергии (энергетические затраты при ходьбе), а также было замечено, что сгибание коленного сустава изменилось по сравнению с обувью без каблука.

Вывод

Обувь на высоком каблуке значительно снижает стабильность и баланс при ходьбе. Было замечено, что происходит смещение плантарного давления на передний отдел стопы, а также увеличивается время нагрузки. Из результатов можно сделать вывод, что длительное ношение туфель на высоком каблуке способствует появлению боли в суставах ног и тканей переднего отдела стопы, а при постоянной носке может способствовать смещение I метатарзальной косточки, вследствие чего развивается деформация стопы.

Стоит обратить внимание, что обувь с высоким каблуком может способствовать развитию артрита суставов стоп переднего отдела, снижению баланса во время ходьбы (увеличение риска падения у пожилых) и может стать причиной получения различных травм голеностопного сустава. Не рекомендуется носить высокий каблук людям страдающим диабетом, так как это может дать толчок к развитию язв в переднем отделе стопы, что часто приводит к ампутации, если не производится лечение.

Выбор оптимальной обуви (снижение опасных нагрузок на стопу) на высоком каблуке рекомендуется проводить с учетом результатов тестирования с использованием стелек давления и индивидуальных особенностей анатомического строения стоп.

Алгоритм обработки электрокардиограммы для диагностики апноэ

Н.А. Погорелова, П.Н. Дровнин

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

Что такое апноэ? Апноэ — расстройство, для которого характерно неоднократное прекращение дыхательной функции во время сна на 10 секунд и больше. Продолжительность апноэ колеблется от 10 секунд до 3 минут (в тяжелых случаях).

Актуальность темы обусловлена тем, что апноэ является фактором риска развития заболеваний сердечнососудистой системы — артериальной гипертензии (у 40–90% больных), ишемической болезни сердца, инсульта и приводит к летальному исходу — остановки сердца во сне. По статистике синдромом сонных апноэ страдают 9% мужчин и 4% женщин среднего возраста, это негативно сказывается на здоровье человека. Не многие, кто предрасположен к апноэ, знают о том, что могут заболеть им, так как прекращение дыхательных функций происходит во время сна и не сопровождается характерными именно для этой болезни признаками. Важной задачей является диагностировать апноэ на ранней стадии для быстрого и чрезвычайно эффективного лечения с помощью специально разработанных приборов. В настоящее время ещё не разработаны алгоритмы диагностики апноэ по электрокардиограмме.

Целью работы является совершенствование диагностики апноэ путем разработки алгоритма обработки электрокардиографического сигнала.

Учитывая то, что дыхательные функции тесно связаны с работой сердца, мы решили разработать алгоритм обработки именно электрокардиограммы для диагностики апноэ.

Задачи:

- Провести обзор имеющихся приборов и систем для поиска апноэ по ЭКГ.
- Определить методы традиционной диагностики апноэ.
- Выбрать методики и средства для диагностики апноэ по ЭКГ.
- Разработать алгоритм для диагностики апноэ по ЭКГ.

Определение информативных параметров из сигнала ЭКГ (среднее значение RR интервалов, индекс Баевского (индекс напряжения), дисперсия RR интервалов, стандартное отклонение разностей между соседними RR интервалами (SDNN), мощности спектра низких частот компонентов (LF) и спектра очень низких частот компонентов (VLF), симпато-вагальный индекс (LF/HF)).

Материалы и методы исследования:

Изучение различных вариантов ЭКГ на основании оценки имеющихся сигналов для поиска апноэ.

Результаты:

Установлен алгоритм диагностики апноэ по электрокардиографическому сигналу. Из результатов анализа ЭКГ у пациента с апноэ и без апноэ, можно выдать заключение о более информативных параметрах в изучении нарушения сердечной деятельности: среднее значение RR интервалов, индекс Баевского (индекс напряжения), дисперсия RR интервалов, стандартное отклонение разностей между соседними RR интервалами (SDNN), мощности спектра низких частот компонентов (LF) и спектра очень низких частот компонентов (VLF), симпато-вагальный индекс (LF/HF). Примерные результаты анализа ЭКС длительностью одной минуты между ЭКГ с и без апноэ у одного пациента приведены на рис. 1,2. Очевидно, что на скаттерограмме ЭКГ без апноэ расположены на одном месте, а ЭКГ с апноэ рассредоточены. Очевидно если индекс Баевского ЭКГ с апноэ меньше индекса ЭКГ без апноэ, но дисперсия RR интервалов и SDNN больше, то во время апноэ имеет низкую степень преобладания активности центральных механизмов регуляции над автономными.

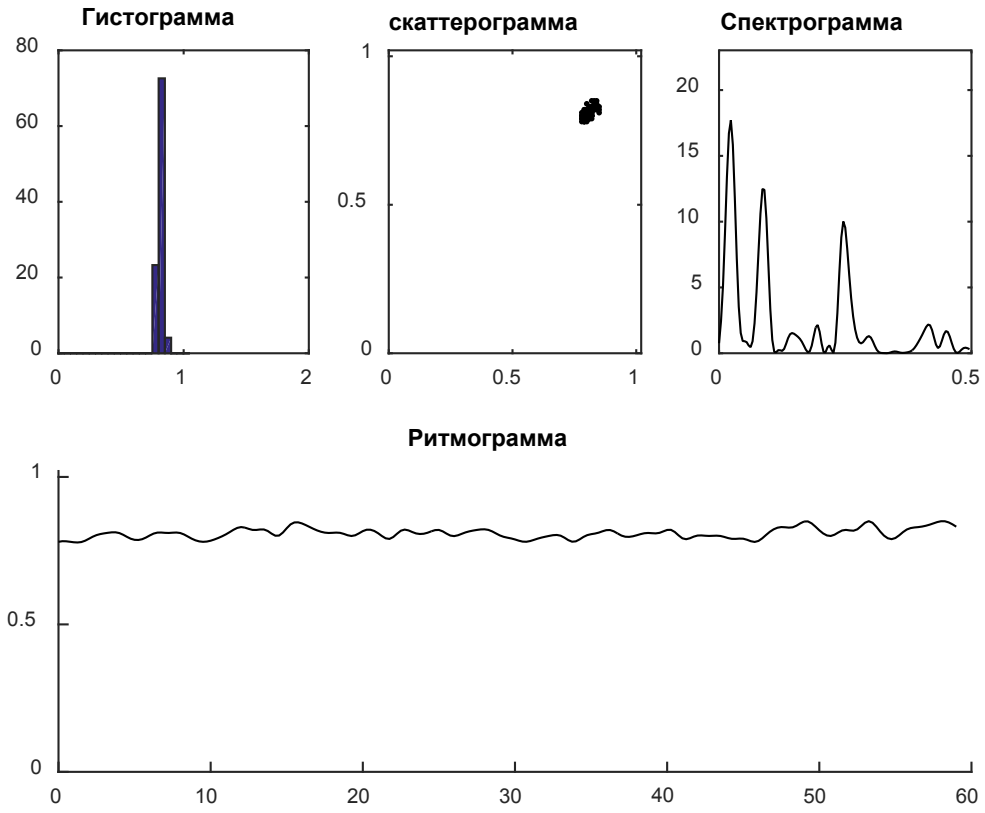


Рис.1. Анализ ЭКГ у пациента во времени без апноэ.

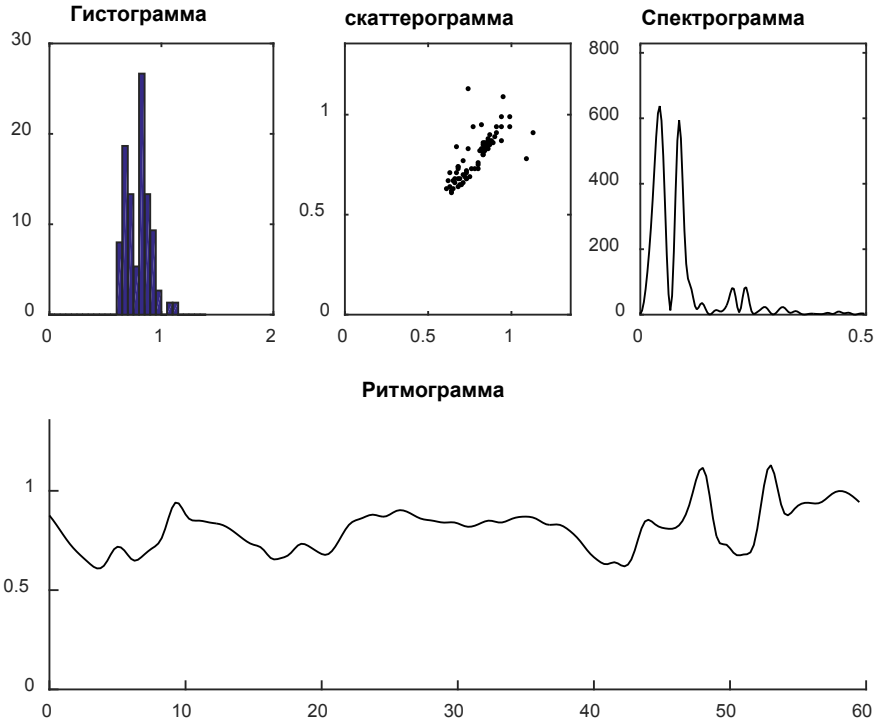


Рис. 2. Анализ ЭКГ у пациента во времени апноэ.

Факторы-ограничители распространения *Ambrosia artemisiifolia L.* В урбофитоценозах Северного Приазовья

Пономаренко В.А.

ФГБОУ ВПО СЗГМУ им.И.И.Мечникова; 1 курс

Научный руководитель: Бабичева Н.С.,
старший преподаватель, кандидат биологических наук

Актуальность темы обусловлена быстрыми темпами распространения *Ambrosia artemisiifolia L.* в агроценозах и жилищных зонах, следствием чего является обезвоживание почв, снижение урожайност, повышение аллергической сенсибилизации населения, что приводит к ежегодным убыткам в аграрной и производственной сферах.

Цель работы: изучить влияние межвидовой конкуренции, аллелопатии и фитопаразитизма на рост и развитие *Ambrosia artemisiifolia* как биологических методов борьбы с этим карантинным растением. Задачи: установить особенности межвидовой конкуренции между *E. repens, L. perenne* и *A. artemisiifolia*; проследить наличие аллелопатического влияния между вышеуказанными видами; выявить механизм заражения *A. artemisiifolia* грибом *Ph. ambrosiae*, который является естественным паразитом этого растения; рассмотреть представителей класса Arachnida как потенциальных паразитов *A. artemisiifolia*; рассчитать возможный экономический эффект от внедрения предложенных мероприятий. Объекты исследования: семена и взрослые растения *A. artemisiifolia L., Elytrigia repens L., Lolium perenne L.;* гриб *Phyllachora ambrosiae Berk. & M.A. Curtis* и инокулированные им растения; *Tetranychus urticae Koch*.; образцы почвы и воды. Предмет исследования: влияние *Elytrigia repens L., Lolium perenne L., Ph. ambrosiae, Tetr. urticae* на семена и взрослые растения *A. artemisiifolia*; расчет экономического эффекта от внедрения предложенных мероприятий.

Новация подхода заключается в использовании комплексной системы биологических методов борьбы с амброзией вместо человеческих ресурсов. Предложенная в работе схема влияния на жизненный цикл амброзии является стратегически выгодной в финансовом плане: расходы оправдывают ожидаемый результат и становятся относительно долгосрочными. В результате исследований доказано наличие антагонистических связей в отношениях «растение — растение», «гриб — растение» и «животное —

растение», а также аллелопатического влияния *E. repens* на *A. artemisiifolia.* Практическая ценность работы заключается в том, что, зная и понимая механизм взаимодействия растений-антагонистов в фитоценозе, можно определить, на каких стадиях и каким образом можно влиять на нежелаемый вид, ограничивая его рост и распространение, тем самым оптимизируя процессы образования полезной биомассы.

Исследование ранней диагностики ДЦП

М.С. Раскопина

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

Детский церебральный паралич — заболевание центральной нервной системы, при котором развиваются непрогрессирующие нарушения двигательной и мышечной активности, координации движений, функций зрения, слуха, а также речи и психики. Причина ДЦП — патологические изменения в коре, подкорковых областях, в капсулах или стволе головного мозга. По данным «Региональной общественной благотворительной организации инвалидов» [1] в среднем 1-8 человек из 1000 рождаются с диагнозом ДЦП. Детский церебральный паралич относится к неизлечимым заболеваниям, но при ранней диагностике, постоянной работе с больными и проведении различных терапевтических процедур можно улучшить состояние мышечной системы, повысить качество жизни, облегчить социализацию. В связи с этим актуальной целью исследования представляется поиск способа наиболее ранней диагностики ДЦП для своевременного начала корректирующего лечения. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Изучение существующих методов диагностики ДЦП.
2. Обоснование и выбор наиболее перспективного метода диагностики.
3. Разработка путей повышения качества диагностики в рамках выбранной методики.

Наиболее распространенными методами диагностики ДЦП являются: МРТ, компьютерная томография, ЭЭГ, ядерно-магнитный резонанс, ультразвуковое исследование [2]. Известно, что регистрация и анализ волновой активности головного мозга (ЭЭГ) является «золотым стандартом» в диагностике неврологических отклонений. Вместе с тем, в результате об-

ширного литературного обзора (поиск в базах научной информации «Elibrary» и Google Scholar, Российской патентной базе, ключевые слова «ЭЭГ», «диагностика, ДЦП», «мозговая активность») было выявлено:

1. В источниках, посвященным клинической ЭЭГ большое внимание уделяется эпилептическим отклонениям, но вопросы, касающиеся ДЦП не рассматриваются. ЭЭГ может выявить, имеется ли у пациента склонность к эпилептическим припадкам, и какой участок мозга поврежден или работал неправильно в момент проведения исследования.

2. В базе данных Роспатент не найдено работ, связанных с анализом ЭЭГ больных ДЦП. Не найдено научных статей, где было бы представлено изображения ЭЭГ-сигнала больного ДЦП.

3. Патологии в коре и стволе головного мозга могут быть вызваны различными заболеваниями помимо ДЦП, например, эпилепсия или травмы головы [3].

Проведенный литературный обзор и опрос экспертов (нейрохирургическое отделение ДГБ им. К.А. Раухфуса) показал, что ЭЭГ не может ни подтвердить, ни опровергнуть диагноз ДЦП. Поэтому в качестве альтернативного метода был выбран метод видеозаписи генерализованных движений ребенка, основанный на оценке движения ребенка 2-5 месяцев в целом: туловища, конечностей, головы. На видеокамеру в течение 10 минут записывается поведение ребенка, а после производится оценка его спонтанных движений, по характеру которых можно выявить наличие каких-либо отклонений. А.Б. Пальчик и коллеги [4] утверждают, что этот метод еще недостаточно изучен, но предполагает максимальную точность диагностики по сравнению с другими методами. Так как человеческая оценка движений не лишена субъективности, то перспективным является автоматическое выделение диагностических двигательных паттернов с помощью потокового анализа видео или использованием акселерометров для достижения точности и непредвзятости в постановке диагноза.

Список литературы:

1. Региональная общественная благотворительная организация инвалидов [Электронный ресурс] :http://www.roboi.ru/whatdcp/statics/
2. Диагностика ДЦП в Германии [Электронный ресурс]: http://www.rusmedserv.com/germanytreatment/DiagnosisCerebralPalsyGermany/
3. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография [Текст]: руководство для врачей / Л.Р.Зенков. — 4-е изд. — М. : МЕДпресс информ, 2011. — 368 с.

4. ДГБ им. К.А. Раухфуса [Электронный ресурс]: http://gdb19.ru/index.php/stati/stati-dlya-patsientov/120-mozhno-li-predvidet-dalnejshee-dvigatelnoe-razvitie-rebenka-v-pervye-mesyatsy-zhizni

Разработка и производство тест-фантома для контроля эксплуатационных параметров источника ионизирующегоизлучения (маммографа)

А.А. Сапожникова, И.Г. Лифляндская

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)», АО СПБ ПТП «Медтехника»

Уровень смертности от раковых опухолей растет по всему миру. К такому печальному выводу пришли члены Международного агентства по изучению рака. Согласно последним данным, онкологические заболевания вызывают 1 из 8 смертей во всем мире. Первое место среди онкологических заболеваний у женщин занимает рак молочной железы (17,8%). По данным ВОЗ каждая 10-я жительница нашей страны и каждая 17-я петербурженка подвержена риску. В России на 100 тысяч женщин приходится около 40 случаев подтвержденного диагноза. Благодаря активной пропаганде своевременной диагностики удается обнаружить опухоль на самых ранних стадиях, что значительно повышает вероятность успешного лечения. Так, например, при своевременном лечении, десятилетняя выживаемость при нулевой стадии рака груди составляет порядка 98%, при первой стадии — 96%, при второй стадии в пределах 75-90%, при стадии 3А от 65 до 75%, 3В от 10 до 40%, 3С порядка 10% и при четвертой стадии менее 10%. Существуют различные методы диагностики онкопатологии молочной железы, такие как ренгеновская маммография, томосинтез, МРТ маммография, оптическая маммография, ультразвуковая маммография.

Целью работы является разработка максимально удобного и простого в использовании тест-фантома для ренгеновского оборудования.

Для решения данной цели потребовалось изучить нормативную базу, регулирующую контроль за эксплуатационными параметрами источников ионизирующего излучения. (ГОСТ Р 51746-2001, ГОСТ 26140-84, ГОСТ Р МЭК 61267-2001). Далее мы разработали тест-фантом согласно ГОСТ Р МЭК 61223-2-10, сделали *3D* модель в программе *AutoCAD.*

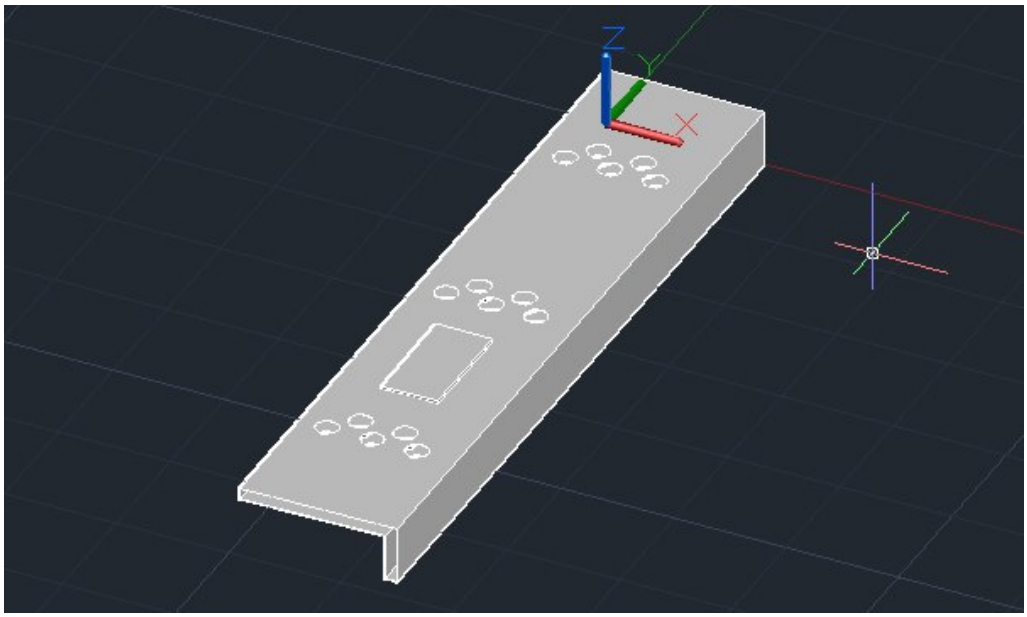


Рис. 1. 3D модель тест-фантома для контроля положения границ поля.

В дальнейшем мы проведем апробацию, т.е. контроль эксплуатационных параметров источников ионизирующего излучения. Затем на основании апробации мы проведем анализ полученных данных.

Разработанный тест-фантом даст возможность в условиях лечебно-профилактических учреждений быстро и точно определить изменение геометрии поля и изображения в области, прилегающей к грудной клетке.

Способ регистрации электрокардиосигнала через емкостную связь

В.А. Симон

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

В настоящее время в кардиологии широко распространен контактный способ регистрации электрокардиосигнала (ЭКС), который позволяет получать качественные электрокардиограммы (ЭКГ) в клинических условиях. Однако этот метод имеет несколько недостатков. Для качественной записи ЭКС необходимо обеспечить надежный омический контакт между поверхностью электрода и кожными покровами, что достигается путем использования проводящих гелей, способных в ряде случаев вызывать раз-

дражение кожи. Кроме того, при регистрации ЭКС ограничивается подвижность пациента.

Тем не менее, наличие омического контакта для регистрации ЭКС не является обязательным: вместо него можно использовать емкостную связь. Такую связь можно рассматривать как конденсатор, «пластины» которого образованы поверхностью электрода и кожными покровами, а в качестве «диэлектрика» может выступать, например, слой хлопчатобумажной ткани [1]. Электроды при этом имеют плоскую форму и могут быть закреплены на одежде.

Структурная схема экспериментальной установки для регистрации ЭКС представлена на рис. 1. Сигналы с двух электродов принимаются входным каскадом на основе инструментального усилителя INA116 [2]. Из этих сигналов формируется дифференциальный (разностный) сигнал, который поступает на нотч-фильтр, подавляющий помеху промышленной частоты 50/60 Гц. После прохождения фильтра сигнал оцифровывается внешней звуковой картой с разрядностью 24 бита.

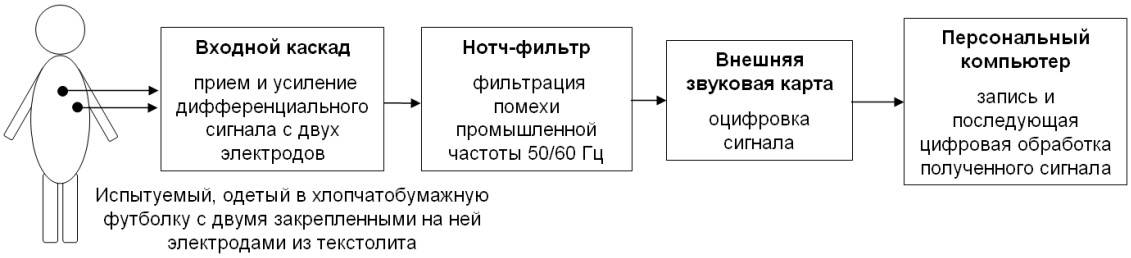


Рис. 1. Блок-схема устройства для получения ЭКГ через емкостную связь.

С помощью персонального компьютера происходит запись и обработка сигнала в цифровой форме. В ходе цифровой обработки подавляются высшие гармоники помехи промышленной частоты, а также уменьшается диапазон частот сигнала [3]. Осциллограмма ЭКС после обработки показана на рис. 2.

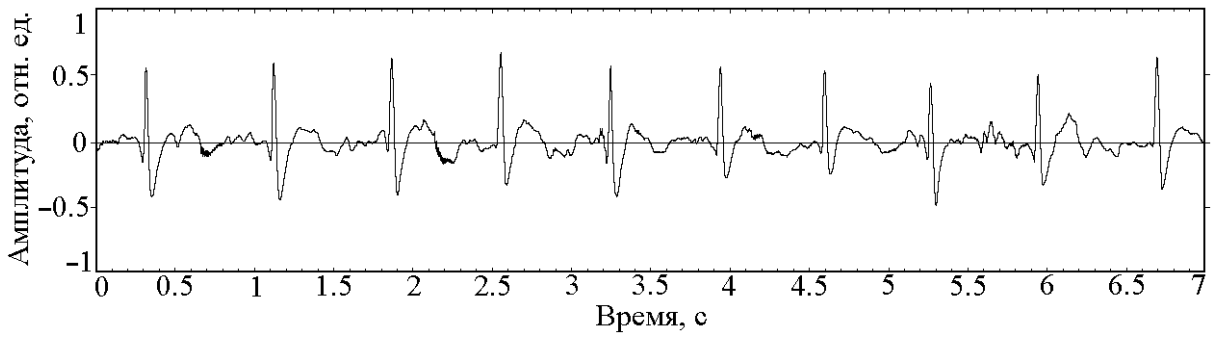


Рис. 2. ЭКС в диапазоне частот 1 — 100 Гц.

Несмотря на то, что полученный ЭКС имеет искажения, в нем можно различить *QRS*-комплекс и *T*-зубец, а в некоторых местах просматривается и *P*-зубец. Качество полученного сигнала может быть улучшено при использовании обтягивающей одежды, в ткань которой внедрены гибкие плоские электроды.

Описанный метод может использоваться в устройствах для непрерывного контроля состояния здоровья лиц, профессиональная деятельность которых связана с сильным нервным напряжением и/или с длительным напряжением внимания. Также на основе описанного метода могут быть разработаны различные электронные аксессуары для спорта и фитнеса.

Список литературы:

1. Исследование возможности создания систем бесконтактного получения электрокардиограмм / Герасимов В.А., Афанасьев П.В., Бохов О.С. и др. // Биотехносфера. 2015. № 3. С. 2–6.
2. Герасимов В.А., Симон В.А. Способ создания сверхвысокоомного смещения усилителя низкочастотных сигналов // Сборник тезисов докладов 69-й науч.–техн. конф., посвященной Дню Радио. Санкт-Петербург. 2014. С. 314–316.
3. Симон В.А., Ухов А.А. Метод регистрации электрокардиограмм посредством емкостной связи электродов с телом пациента // Материалы 28-й Всероссийской науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов БИОМЕДСИСТЕМЫ – 2015. Рязань. 2015. С. 314–317.

Разработка миниатюрного сенсора для импедиметрических исследований патогенных микроорганизмов

Н.О.Ситков, А.В.Соловьев, Т.М.Зимина

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

Актуальная во все времена проблема распространения инфекционных заболеваний диктует повышенный интерес к миниатюрным аналитическим системам («лабораториям-на-чипе») для экспресс-диагностики патогенных микроорганизмов. Такие устройства позволят, в отличие от традиционных методов, в короткий срок автоматически производить быструю и неразрушающую диагностику, включающую в себя идентификацию микроорганизмов и анализ их антибиотикорезистентности.

Импедиметрия является перспективным направлением для создания сенсорных элементов, интегрируемых в «лабораторию-на-чипе» (ЛНЧ).

Импедиметрические сенсоры способны предоставить целый ряд информационных параметров, с помощью которых можно решить следующие задачи: идентификация биопатогенных микроорганизмов, оценка их жизнеспособности с целью определения резистентности к определенному типу антибиотика, подсчет и регистрация отдельных микробных тел, а также анализ их метаболической активности.

Работа импедиметрического сенсора основана на измерении частотной дисперсии импеданса исследуемых бактерий в измерительной ячейке. После получения данной зависимости происходит ее анализ специализированными средствами для нелинейной аппроксимации экспериментальных данных.

Для тестирования работы сенсора проведены измерения частотной зависимости модуля импеданса водных суспензий непатогенных *Lactobacillus fermentum* 90Т-С4, *Bifidobacterium bifidum* 791, *Saccharomyces cerevisiae* и *E. coli* М-17, для которых была отмечена общность спадания исследуемой зависимости с ростом частоты. Выход на плато у *Saccharomyces cerevisiae* и *E. coli* М-17 наблюдался при более низких частотах, нежели у *Lactobacillus fermentum* 90Т-С4 и *Bifidobacterium bifidum* 791.

Полученные результаты будут применены при интегрировании данного сенсора в создаваемую в ЦМИД СПбГЭТУ микробиологическую ЛНЧ, содержащую капиллярную систему для транспорта компонентов анализа и навесные функциональные элементы.

Особенности исследования поверхности зубов при помощи АСМ микроскопии

А.И. Скоробогатова, Т.Д. Котенева

УНЛ «Импульсные электротехнологии»

Одним из наиболее эффективных в настоящий момент способов исследования наноструктурных объектов является АСМ микроскопия. Для эффективного использования этого метода в стоматологических исследованиях была создана методика, которая позволила выявить общие закономерности в структуре поверхностей эмали различных типов зубов.

В ходе исследований, проведённых при помощи АСМ Certus, были изучены поверхности различных типов (моляр или резец) зубов. Исследования проводились на 12 образцах интактных зубов. Перед исследованием,

предварительно очищенный от органических остатков зуб, срезался с тыльной стороны зубоврачебным инструментом, оставив слой толщиной 0.5 см. Перед непосредственным исследованием изучаемая поверхность продувалась дополнительно сжатым воздухом.

Характерные результаты проведённых АСМ исследований в виде объёмного представления исследованной поверхности (3D) приведены в одинаковом масштабе на рис. 1. Полученные результаты свидетельствуют, что поверхность эмали большинства зубов — гладкая, с малыми неоднородностями порядка 30—70 нм. Кроме того, на всех исследованных поверхностях наблюдаются выходы дентинных канальцев, которые имеют вид впадин, линейные размеры которых составляют от 200 нм до 5 мкм (1 на рис. 1) и крупные кристаллы гидроксиопатита, с размерами от 1 до 5 мкм (2 на рис. 1). Сравнение полученных результатов показывает, что поверхность моляра отличается от резца большими в несколько раз размерами крупных неоднородностей.

Однако подобная оценка является весьма субъективной. Для того, чтобы оценить параметры этих поверхностей количественно, необходимо провести математическую обработку результатов сканирования.

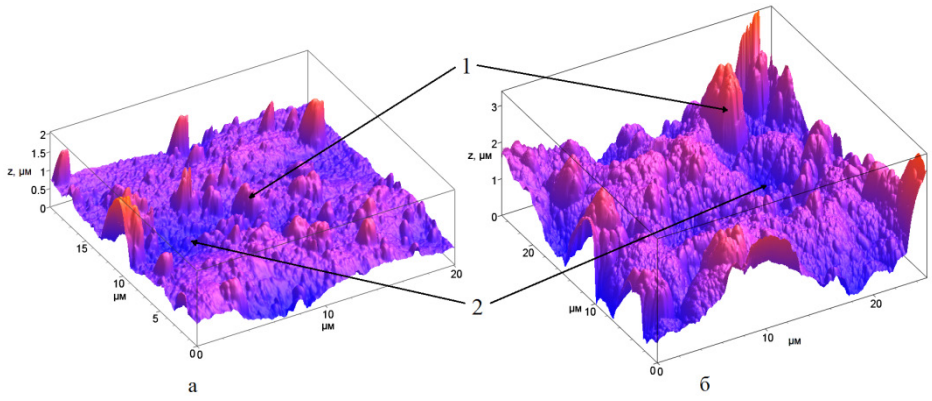


Рис. 5. 3D изображение поверхности резца (а) и моляра (б).

Оценка характера поверхностей, полученных при помощи АСМ, производится в программе Gwyddion, где исследуемая поверхность анализируется с помощью одномерной статистической функции распределения высот. Данное распределение рассчитывается как нормированная гистограмма значений высоты. Пример такого распределения представлен на рис. 2.

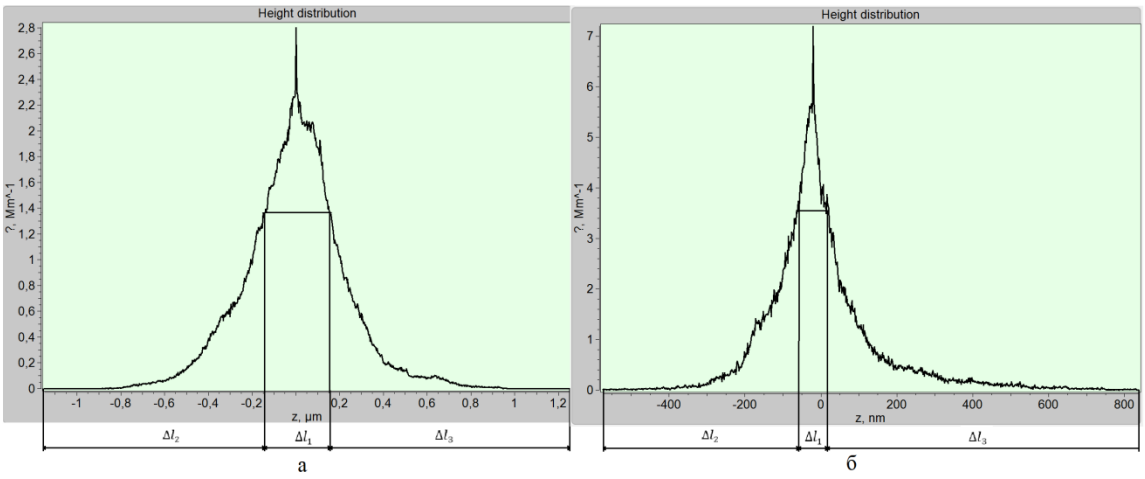


Рис. 2. Распределение высот поверхностей моляра (а) и резца (б).

Анализ распределения высот позволяет получить количественные параметры поверхности. В зависимости от расположения неоднородностей относительно средней плоскости на графиках условно можно выделить 3 области: Δl_2 — область, которая описывает распределение неоднородностей по глубине, Δl_1 — область основного количества неровностей поверхности и Δl_3 — область неровностей по высоте. В частности, для моляра (рис. 2а) $\Delta l_1 = 280$ нм, а для резца (рис. 2б) — $\Delta l_1 = 70$ нм. Таким образом, результаты, полученные с использованием предложенной методики, подтверждают результаты визуального анализа изображений поверхностей моляра и резца.

Дисковый биморфный преобразователь для пьезоэлектрического генератора

О.А. Спирина

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

В настоящее время, как в России, так и за рубежом активно развивается направление, связанное с разработкой систем питания на основе пьезоэлектрического эффекта. Это связано с малогабаритностью пьезогенераторов и получаемой от них высокой выходной электрической мощностью.

Обзор возможных конструкций подобных устройств [1, 2] показывает, что в большинстве случаев пьезогенераторы выполняются в форме консольной балки, один конец которой зажат в опоре, а другой свободен. На балку наклеен один или два пьезоэлектрических слоя (образуя, таким

образом, униморфную или биморфную конструкцию). Для снижения рабочего частотного диапазона пьезоэлектрической биморфной балки и для увеличения нагрузки на ее свободный конец помещается пассивный груз. Для питания таких устройств используется принцип переработки даровой энергии вибраций окружающей среды в постоянный электрический ток.

В настоящей работе описывается дисковый биморфный пьезоэлектрический генератор. В отличие от балочной структуры такая конфигурация представляется более рациональной в отношении компоновки.

Решаемые задачи:

- анализ существующих конструкций пьезогенераторов;

- аналитический расчет выходной мощности пьезогенератора зонтичного (дискового) типа;

- моделирование работы генератора дискового типа в программе COMSOL 5.1;

- определение оптимальных параметров дискового пьезогенератора в широком диапазоне частот возбуждения.

В процессе работы была разработана модель дискового пьезогенератора в программе COMSOL 5.1, где для простоты на пластине расположены несколько пьезоэлектрических элементов. При моделировании работы пьезогенератора были получены удовлетворительные результаты с выработкой мощности до 9 мВт/см^3.

Список литературы:

1. Sodano H., Park G., Inman D. J. A Review of Power harvesting from Vibration Using Piezoelectric Materials // The Shock and Vibration Digest. — 2004. — V. 36. — № 3. — P. 197–205.
2. Anton S. R., Sodano H. A. A Review of Power Harvesting Using Piezoelectric materials (2003–2006) // Smart materials and Structures. — 2007. — V. 16. — R1–R21.

Перспектива развития водоочистных технологий в Северо-Западном регионе для сохранения экосистемы Балтийского моря

М.С. Степанова, И.С. Захаров

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

Россия имеет один из самых больших запасов воды в мире. Наиболее важным компонентом водных ресурсов России — река. В настоящее время из-за загрязнения около 70% рек и озер в России потеряли свое качество в качестве источника питьевой воды. Основными источниками загрязнения воды являются промышленные и бытовые сточные воды. Каждый год в реки и водоемы России сбрасываются тысячи кубических километров неочищенных сточных вод. Вместе с ними попадают в воду более 12 миллионов тонн загрязняющих веществ.

Становится все более серьезной экологическая ситуация в Балтийском море. Экологическая проблема номер один сегодняшней Балтики — избыточное поступление в акваторию азота и фосфора в результате смыва с удобряемых полей, коммунальных стоков городов и сброса отходов некоторых предприятий. Из-за этих биогенных элементов море становится «переудобренным», начинается бурный рост водорослей — эвтрофикация. Бурно размножающиеся водоросли при распаде потребляют много кислорода, в результате чего кислорода на дне становится все меньше. Одна третья часть дна Балтийского моря страдает от серьезного недостатка кислорода. Нехватка кислорода, в свою очередь, лимитирует рост и развитие живых существ на дне, что, в конце концов, уничтожает пищу для рыб. В результате биогенные органические вещества перерабатываются не полностью и при дефиците кислорода разлагаются, выделяя губительный для морских обитателей сероводород.

Вторая по значимости проблема Балтийского моря — накопление тяжелых металлов — ртути, свинца, меди, цинка, кадмия, кобальта, никеля. До 40% от общей массы попадает в море при прямом сбросе в акваторию или с речным стоком бытовых и промышленных отходов.

ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» постоянно ведет активную работу по модернизации технологий биологической очистки сточных вод, особенно с целью достижения жестких требований по удалению соединений фосфора. В июне 2011 года Петербург полностью выполнил новые рекомендации Хельсинкской комиссии: содержание фосфора в общем сбросе городских сточных вод не превышает 0,5 мг/дм^3.

В Ленинградской области бытовые сточные воды практически не подвергаются очистке. Один из наиболее загрязненных — район реки Луги, который стал довольно известным после инцидента со сточными водами, выносившими в акваторию залива огромное количество фосфора на заводе

по производству удобрений в 2012 году. В настоящее время завод производит очистку стоков, но состояние воды из-за поступающих в реку стоков все еще неудовлетворительное. На берегах Луги много небольших промышленных городов, бытовые сточные воды не контролируются надлежащим образом, кроме того, именно в этом районе, находится большое количество дач, частных домов, где очистка сточных вод не предусмотрена.

Финляндия является передовой страной в отношении сточных вод. Комитет по водным ресурсам Организации Объединенных Наций признал, что самая чистая вода в мире в Финляндии, где 80% воды классифицируется как «очень чистая», поэтому использование финского опыта может очень позитивно сказаться на экологической ситуации в регионе Финского залива. Так как Северо-Западный регион граничит с Финляндией, то такие характеристики как климатические условия, гидрологические характеристики воды достаточно схожи.

Использование в населенных пунктах некоторых технологий очистки достаточно положительно повлияет на улучшение качества воды, выносимой в Балтику.

Финские заводы по очистке сточных вод удаляют до 98% люминофора в сточных водах с использованием метода биологической очистки. В процессе гниения производится биогаз, который перерабатывается в энергию. На одном из очистных сооружений в Хельсинки биогаз используется для собственных нужд завода: производит 60% электроэнергии и полностью обеспечивает завод тепловой энергией. С другого завода биогаз передается сторонней фирме и перерабатывается в автомобильное топливо.

Целью работы является изучение рентабельности применения финских технологий для Северо-Западного региона.

Влияние транспортируемого эталона на дополнительную погрешность результата сличения

Е.С. Сулоева

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

В метрологической практике сличения занимают особое место, и их значимость растет с ростом требований к качеству измерений и метроло-

гических услуг, предоставляемых метрологическими лабораториями [1]. Они помогают решить задачу создания объективной основы для взаимного признания результатов измерений, получаемых различными национальными метрологическими лабораториями.

Степень эквивалентности определяется как разность результатов измерения в лаборатории и означает степень соответствия результатов участников сличений средневзвешенному значению ключевого сличения.

Если в процедуре принимают участие национальные нетранспортируемые эталоны, то непосредственного сличения между ними не происходит, физический эксперимент идет с участием вспомогательного средства. Этим средством является транспортируемый эталон, к которому предъявляются высокие требования по его характеристикам, в частности по кратковременной стабильности и стабильности во времени. Таким образом, формируются результирующие разности ($\delta\lambda_{iт}$ и $\delta\lambda_{sт}$), на основе выбранной модели [2], с участием одного переносного средства $\lambda_т$:

$$\delta\lambda_{iт} = \lambda_i - \lambda_т = \Delta_{сис}\lambda_i + \Delta_{сл}\lambda_i - \Delta_{сис}\lambda_т - \Delta_{сл}\lambda_т,$$

$$\delta\lambda_{sт} = \lambda_s - \lambda_т = \Delta_{сис}\lambda_s + \Delta_{сл}\lambda_s - \Delta_{сис}\lambda_т - \Delta_{сл}\lambda_т.$$

Далее в зависимости от типа задачи рассматривается влияние характеристик данного вспомогательного средства на итоговую разность (результат процедуры сличения эталонов).

Предложенная разность переходит в следующее представление, включающая в себя систематическую погрешность $\Delta_{сист}\lambda_i$, а все остальные компоненты переходят в дополнительную составляющую $\Delta_{доп}\lambda_i$. Рассмотрим подробнее составляющие дополнительной составляющей для нескольких типовых случаев [3]

Бинарное сличение, в зависимости от предлагаемого кортежа априорных знаний может включать в дополнительную составляющую вторую систематическую погрешность (при наличии сведений о распределении каждой систематических погрешностей) или означится случайными составляющими погрешности, а также погрешностями вспомогательных средств. В обобщенном виде предлагается следующее представление результата:

$$\delta\lambda_{j12} = \lambda_{н1} - \lambda_{н1} + \Delta_{сис}\lambda_1 - \Delta_{сис}\lambda_2 + (\Delta_{сл}\lambda_1 - \Delta_{сл}\lambda_2 + \Delta_{комп}\lambda_1 + \Delta_{комп}\lambda_2 +$$

$$\Delta_{сл1}\lambda^*_{тр} + \Delta_{сл2}\lambda^*_{тр}\Delta_{сис}\lambda_1 - \Delta_{сис}\lambda_2 + \Delta_{доп}\lambda_i$$

Если же речь идет о групповом сличении, то наиболее обобщенное представление выглядит следующим образом:

$$\delta\lambda_{j1i} = \{\ \lambda_{н1} + \Delta_{сис}\lambda^*_1 - \{\ \lambda_{нi} +$$

$$+ \Delta_{сис}\lambda_i + \Delta_{сл}\lambda_i - \Delta_{комп}\lambda_i - \Delta_{сл}\lambda_{тр\ t} - \Delta_{сист}\lambda_{тр\,t}\Big\}_t^L + \Delta_{сл}\lambda_1 + \Delta_{комп}\lambda_1\Big\}_i^{N/L}$$

включая в себя N сличаемых эталонов и L вспомогательных средств с соответствующими величинами, обозначенными индексами t.

Влияние дополнительной погрешности может быть значительным для принятия решения о соответствии или несоответствии требованиям объектов сличения. Это происходит из-за того, что для дополнительной составляющей результата измерения (итоговой разности) находится закон распределения в условном варианте, отличие которого реально возможного за счет неучета некоторых компонент, и может быть весомым. Так, случайные погрешности $\Delta_{сл}\lambda_{тр\ t}$ от транспортируемых эталонов для группового сличения насчитывают несколько составляющих.

Таким образом, предлагается подход учитывающий составляющие погрешностей транспортируемого эталона в общей дополнительной компоненте результата сличения для повышения точности принимаемого решения по итогам сличения эталонов.

Список литературы:

1. Tsvetkov E. I. Analysis of the results of a comparison of two standards// Measurement Techniques 56, No. 4, P.368–371.
2. Kacker R N, Datla R U and Parr A C 2004 Statistical analysis of CIPM key comparisons based on the ISO Guide Metrologia 41 P 340-52
3. Сулоева Е.С. Цветков Э.И. Процедуры принятия решения по результатам бинарных и групповых сличений //«Приборы» 2014 год № 11 С. 33-38

Регенерация воды при помощи природного цеолита

Е.С.Сучкова, Л.Н.Соловьев

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

Зачем тратить колоссальные средства на закупку синтетических фильтрующих материалов, если можно обратиться за помощью к природе, которой давно известны все ответы? Именно так сегодня поступают мудрые руководители, которые стремятся организовать работу предприятия максимально эффективно. С каждым годом становится все больше предприятий, которые выбирают для очистки воды от загрязнений фильтры на основе природного цеолита. Первыми эту тенденцию подхватили малые и средние предприятия, для которых наряду с высоким качеством важна и экономия. Ведь на многих производственных предприятиях для обеспечения качественной и бесперебойной работы постоянно требуется большое количество воды. Если применять синтетические фильтры, то такая регенерация воды обойдется очень дорого. А вот благодаря природному цеолиту предприятие сокращает расходы на очистку воды в несколько раз. Это выгодно и удобно, поэтому цеолит начинают применять не только средний бизнес, но и крупные компании.

Цель работы: продемонстрировать преимущество использования природного цеолита для регенерации воды над синтетическими фильтрующими материалами.

Почему цеолит стал так популярен только сегодня? Все дело в том, что, несмотря на свою древнюю историю, цеолиты были недостаточно известны, поскольку не было известно о крупных месторождениях. И лишь в последние 20-25 лет ученым разных стран мира удалось обнаружить богатые месторождения цеолита в США, на Кубе, в России, в Италии и Франции. Сегодня эти месторождения быстро осваивают. Ведь эффективность добычи природных цеолитов по сравнению с производством синтетических цеолитов намного выше, а стоимость таких разработок обходится в 20 раз дешевле.

Одно из главных отличий цеолита от обычных фильтров заключается в том, что он способен удалять из воды не только вещества, находящиеся во взвешенном состоянии. Он без труда очищает воду от растворенных

в ней вредных веществ, а также от мелкодисперсных частиц. Множество научных исследований подтверждают, что фильтры на основе цеолита являются самыми перспективными методами глубинной очистки воды, поскольку извлекают примеси из воды, не превращая их в другие соединения, которые ухудшают качество очищенной воды, как это бывает при использовании окислителей.

Цеолит — это алюмосиликат, обладающий скелетной структурой, которая содержит пустоты, занятые молекулами воды и крупными ионами. Благодаря их свободному движению происходит ионный обмен и обратимая дегидратация. По сочетанию полезных качеств цеолит лидирует, показывая прекрасные сорбционные, молекулярно-ситовые, селективно-ионообменные и каталитические свойства.

Особая ценность цеолита как сорбента заключается в том, что в его структуре более 50% — это каналы и пустоты. Цеолит как ионообменник катионного типа по отношению к радиоактивным элементам, фенолу, тяжелым металлам и аммонийному азоту проявляет очень высокие показатели ионообменной селективности. Сегодня регенерация воды с помощью цеолита — это самый эффективный и экономный способ. Этот природный минерал сегодня бьет все рекорды по количеству сфер применения. Его используют для очистки воды на производстве, его применяют в сельском хозяйстве, в нефтехимии и в строительстве. И везде он показывает себя с лучшей стороны.

Так, например, сегодня в Калифорнии (город Траки) до сих пор прекрасно работает очистная установка на основе цеолита, установленная еще в 1978 году. И каждый час она очищает 250 $м^3$ сточных вод, которые содержат натрий, магний, аммоний и кальций. И это далеко не единичный пример.

По результатам исследований, природные цеолиты интенсифицируют процесс образования, а также осаждения взвеси, что в 1,33 раз увеличивает эффект осветления воды на промышленных сооружениях первой ступени. Регенерация воды с использованием цеолита способна снизить уровень остаточного алюминия на 44%, фенола — на 83%, а хлорорганических соединений — на 64%, свинца — на 94%, меди — на 80%, железа — на 85,7%, а хрома — на 76%. Для промышленных предприятий эти показатели являются гарантией качественного производства. Используя цеолит,

предприятие без труда очищает воду от загрязнений, и она снова готова к использованию.

Еще один аргумент в пользу цеолита — это его устойчивость к слабощелочным и слабокислым средам, а также его механическая прочность. Это говорит о том, что регенерация воды с использованием цеолита пройдет успешно, даже в том случае, когда отмечается высокое содержание взвесей.

Цеолит прекрасно показывает себя, когда речь идет об очистке питьевых вод, очистке и осушке газов, очистке как промежуточных, так и конечных продуктов органического синтеза. Также его целесообразно использовать для сорбции токсичных веществ в жидких средах, сорбции радионуклидов и во многих других технологиях.

Регенерация воды с помощью природного цеолита — это самый эффективный, безопасный и экономный вариант!

Исследование влияния скорости ходьбы человека на плантарное изменение давления под стопами

К.Ф. Тагиева, А.Ю. Аксенов

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

Система измерения плантарного давления под стопами уже давно и широко нашла свое применение во многих странах мира для оценки и диагностики патологий опорно-двигательного аппарата. Такие системы как ДиаСлед, Medilogic, Novel и другие диагностируют стопы пациентов, как в динамике, так и в статике. При проведении анализа такими аппаратно-программными комплексами используют следующие характеристики: плантарное давление под стопами (максимальные, средние и временные характеристики), центр распределения масс и скорость его изменения, а также временные параметры переката отделов стоп.

Стопа человека является одной из наиболее сложных скелетно-мышечных систем человека, которая состоит из 33 суставов. Вследствие чего точность интерпретации интегральной нагрузки различных отделов стопы, является наиболее важной информацией в диагностике и лечении.

Литературный анализ показал, что скорость ходьбы значительно влияет на изменения угловых и кинетических характеристик суставов челове-

ка, а также на работу мышц [1-4]. К сожалению, на сегодняшний день в научной литературе мало доступной информации о влиянии скорости ходьбы на изменения различных характеристик плантарного давления. Результаты подобных исследований могут предоставить необходимую информацию для более глубоко анализа и понимания патологий мышечно-скелетной системы человека — это может повысить уровень комплексной реабилитации, качество лечения, протезирования, помочь в разработке индивидуальных ортопедических приспособлений, а также улучшить качество жизни пациентов.

Поэтому целью исследования является разработка методики оценки влияния скорости ходьбы человека на характеристики плантарного давления под стопами.

Исследование проводилось в биомеханической лаборатории университета «ЛЭТИ» на аппаратно-программном комплексе «ДиаСлед-М» [5].

В эксперименте принимали участие восемь молодых девушек в возрасте от 20-25 лет с размером стопы 38. Люди с патологией опорно-двигательного аппарата из тестирования исключались. Испытуемые ходили со скоростью 3, 4 и 5 км/ч, причем использовалась одна и та же обувь с высотой подошвы 1 см. Статистический анализ производился в программе SPSS statistics V.22 методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с коррекцией Бонферроне. Уровень статистической значимости был установлен $p < 0,05$.

Результаты пилотного исследования показали, что с увеличением скорости ходьбы в значительной степени уменьшилась линия центра масс по времени нагрузки среднего отдела стопы, вследствие чего перемещение перешло на передний отдел $p < 0,05$.

С увеличением скорости движения время контакта всех отделов стопы с поверхностью в значительной степени уменьшилось, но при этом было замечено увеличение максимального давления в медиальной области пятки, второй метатарзальной косточки и пальцев ног $p < 0.05$. Ходьба со скоростью 5 км/ч увеличила максимальную интегральную нагрузку стопы, приблизительно на 10%, и максимальное суммарное давление всей стопы — на 15-25%, по сравнению с медленной ходьбой.

Данная информация может найти широкое клиническое применение, особенно в реабилитации. Стоит заметить, что на основе подобных исследований, но более широких масштабов, где при тестировании будут учи-

тываться пол, возраст и вес испытуемых, а также влияние их антропометрических данных, конструктивных особенностей обуви и наличие различных патологий, можно разработать приложение для телефона, которое смогло бы контролировать и рекомендовать скорость ходьбы в различных случаях, например, при диабете или других патологиях.

Список литературы:

1. Sousa, A.S. and Tavares J.M., Effect of gait speed on muscle activity patterns and magnitude during stance. Motor Control, 2012. 16(4): p. 480-92.
2. Chung, M.-J. and Wang M.-J.J., The change of gait parameters during walking at different percentage of preferred walking speed for healthy adults aged 20–60 years. Gait & Posture, 2010. 31(1): p. 131-135.
3. van Hedel, H.J.A., Tomatis L., and Müller R., Modulation of leg muscle activity and gait kinematics by walking speed and bodyweight unloading. Gait & Posture, 2006. 24(1): p. 35-45.
4. Chiu, M.-C. and Wang M.-J., The effect of gait speed and gender on perceived exertion, muscle activity, joint motion of lower extremity, ground reaction force and heart rate during normal walking. Gait & Posture, 2007. 25(3): p. 385-392.
5. Смирнова, Л.М. и Никулина С.Е., Игнорирование фактора скорости локомоции как причина снижения точности динамоплантографического исследования. Биомедицинская радиоэлектроника, 2010 (№ 5): p. 19-25.

Биомеханическое обоснование алгоритма исследования состояния структур коленного сустава при переломе мыщелка большеберцовой кости

К.К. Тарабычина

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

Актуальность проблемы: Лечение больных с переломами мыщелков большеберцовой кости является многоплановой проблемой в силу того, что повреждение суставных поверхностей наиболее сложного и нагружаемого сустава нередко приводит пациентов к инвалидности. Оно требует точной диагностики, выбора оптимального способа хирургического лечения и безошибочного осуществления оперативного вмешательства, направленного на снижение тяжести последствий внутрисуставного перелома. Целью лечения больных с такими повреждениями является восста-

новление формы суставных поверхностей, стабильности, безболезненных движений и опорности, профилактика контрактур и артроза.

Диагностирование и лечение: Диапазон возможных причин очень широк. Необходимо точное определение причины боли в колене, для чего помимо методов инструментального исследования принимают во внимание историю болезни, данные полного физического осмотра.

Методика исследования: Из инструментальных методов большое распространение получило рентгенографическое исследование коленного сустава. Во время осмотра врач проверяет функциональность колена, проверит его на наличие опухолей и инфекций, проверяет чувствительность и диапазон движения. Однако когда манипуляционные тесты не вполне точны, например, при ограничении движения из-за опухоли или отёка, назначают процедуру обследования на магнитно-резонансной томографии.

Цель исследования: Выбор обоснованного метода лечения перелома мыщелка коленного сустава большеберцовой кости.

Подход к решению: Используя данные о переломе конкретного пациента, оценив область разрушения, вид перелома и характер полученной травмы, создаем модель поверхности сустава для дальнейшего изучения. Трехмерная модель суставной поврежденной поверхности строится с помощью специализированной программы Mimics из совокупности изображений, снятых с помощью компьютерного томографа. Далее с помощью программы SolidWorks в его пакетах Simulation и Flowsimulation, моделируя фиксирующие приспособления и крепежные материалы, совмещаем их с моделью сустава. Приложив нагрузки на полученную конструкцию и проанализировав полученные данные, можем выявить наиболее стойкий и надежный вариант скрепления отломков кости и, как следствие, наиболее удачный вариант лечения.

Результаты: в процессе работы были изучены характер и виды переломов мыщелка коленного сустава большеберцовой кости. Также были рассмотрены и проанализированы различные методы лечения, виды фиксирующих систем и стяжек. Разработан алгоритм исследования.

Список литературы:

1. Воронкевич И.А. Автореферат и диссертация по медицине на тему: «Хирургическое лечение переломов мыщелков большеберцовой кости» (клинико-экспериментальное исследование).
2. Методические пособия по обработке информации в программной среде Mimics.

3. Бегун П.И. Биомеханическое моделирование объектов протезирования.
4. Каталог фиксирующих элементов. Санкт-Петербург, 2014 г.

Селективный анализ сигнала пульсовой кривой

С.Ю. Толстякова

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

Анализ динамики объемной скорости кровотока и артериального давления в магистральных сосудах чрезвычайно важен в условиях реанимации и при прогнозировании развития и исхода различных заболеваний.

Наибольшей точностью при измерении параметров кровообращения обладают прямые методы исследования, использование которых предполагает непосредственное введение катетера в магистральные сосуды пациента. Однако, из-за осложнений, сопровождающих данный метод измерения, проблема поиска и апробации альтернативных методов, не нарушающих целостности магистральных сосудов, остается актуальной. В последнее время особым вниманием пользуются способы, основанные на анализе пульсовой кривой в периферических сосудах с последующей реконструкцией формы волны, значений давления и потока крови в магистральных сосудах. Сопряженность взаимосвязанных, параллельно протекающих процессов гемодинамики в магистральных и периферических сосудах открывает возможность для вычисления передаточной функции (ПФ) сосудистого русла [1].

Основными параметрами, требующимися для вычисления ПФ, являются величины систолического и диастолического артериального давления (АД), а также время хода пульсовой волны (ВХПВ).

В ходе исследований осуществлялась синхронная регистрация мгновенных значений АД в сонной и бедренной артериях. Измерение давления проводилось прямым способом с применением электроманометра на основе тензометрического датчика ПДП-400. Эти значения записывались в файлы посредством компьютерной системы сбора данных HEART-300-10 с шагом дискретизации, составлявшим 1 мс, в течение отрезка времени около 30 секунд. Вследствие аппаратных ограничений измерительной аппаратуры непрерывная запись сигнала возможна на протяжении 1,5 секунд. Поэтому для последующей работы с данными требуется создание

единого массива данных из большого набора файлов. В полученном массиве необходимо выделить сердечные циклы, определить точки снятия значений систолического и диастолического давлений. Также необходимо рассчитать ВХПВ и частоту сердечных сокращений (ЧСС). Для автоматизации данных процессов была разработана специализированная программа.

Так как итоговой задачей исследования гемодинамических процессов является расчет ПФ, требуется отбор данных, которые имеют наименьшую погрешность. Для дальнейшей работы необходимо выделение сердечных циклов, отвечающих следующему требованию: отсутствие плато длительностью более 2 мс в точках измерения диастолического давления. Для оценки ВХПВ необходимо выделить из ряда пар сердечных циклов сонной и бедренной артерий те пары, в которых это требование также выполняется. Данное ограничение обусловлено тем, что наличие плато не позволяет достаточно точно выделить момент экстремума, а значит, и с точностью рассчитать ВХПВ.

Для распознавания сердечных циклов сигнал дифференцировали, выделили экстремумы. Сигнал зашумлен, но применение сглаживающих функций недопустимо, так как это вносит дополнительную погрешность при анализе данных. Среди найденных экстремумов выделялись точки, соответствующие истинным максимумам и минимумам сигнала, шум отсеивался. Выделенные экстремумы анализировали на предмет наличия плато. Удовлетворяющие требованиям участки сигналов, зарегистрированных в бедренной и сонной артериях, сопоставлялись для нахождения парных участков, пригодных для расчета ВХПВ. Все полученные данные записывались в отдельный файл.

Созданное ПО позволяет многократно сократить время обработки данных и повысить точность, исключив возможность ошибки оператора. В то же время, правильность работы программы также может быть проконтролирована оператором, так как все результаты обработки сигнала представляются в удобной графической форме.

Выводы:

Было создано ПО для создания единого массива данных с последующей его обработкой;

Сигналы проанализированы, произведен расчет ЧСС, ВХПВ, найдены значения систолического и диастолического давлений.

Полученные данные представлены в форме, удобной для последующего автоматизированного или ручного анализа.

Список литературы:

1. Еркудов В.О. Автореферат кандидатской диссертации. Патофизиологическое обоснование методов неинвазивного контроля показателей системной гемодинамики (клинико-экспериментальное исследование). С.-Пб, 2014 г.

Моделирование распространения загрязнения нефтепродуктами в водном объекте

М.Н. Тузеев, Н.В. Орлова

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

При перевозке нефти при разгерметизации танкера в океане из-за шторма и разлива нефти или мазута наносится колоссальный вред природе и обитателям морской фауны. Моделирование распространения загрязнения нефти и нефтепродуктов в водном объекте поможет оценить масштабы разлива и определить рекомендации для выработки решений по устранению последствий.

Одной из применяемых моделей распространения нефти по поверхности воды является модель Блоккера – осесимметричное распространение относительно мгновенного точечного источника, которым в реальных условиях может являться точка разлива нефти или нефтепродуктов. Пятно нефтепродуктов, плавающее на поверхности воды, под действием сил тяжести и поверхностного натяжения, имеет форму круга.

В модели Блоккера радиус нефтяного пятна монотонно увеличивается с течением времени и определяется по формуле:

$$R(t) = \left[R_0^3 + \left(\frac{3 \cdot R_0 \cdot K \cdot t \cdot V \rho_н}{\pi \rho_в}\right) \cdot (\rho_в - \rho_н)\right]^{\frac{1}{3}},$$

где K — константа Блоккера (K=216); $\rho_в$– плотность воды, г/см^3; $\rho_н$– плотность нефти, г/см^3; t — время, с; R_0 – начальный радиус пятна, см; V – объем разлитой нефти, см^3.

Начальный радиус пятна определяется по средней толщине сплошного слоя 10мм в начальной стадии, имеющего форму круга, по формуле:

$$R_0 = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot h}}$$

где V – объем разлитой нефти, см^3; h= 10 мм – средняя толщина нефти в начальной стадии, см.

Моделирование распространения нефтяного пятна осуществлено в геоинформационной системе с помощью программного обеспечения ArcGIS for Desktop Advanced v. 10.2.

С помощью инструментов ArcToolbox создана модель в графическом интерфейсе ModelBuilder по расчету радиусов разлива нефтяного пятна (рис. 1).

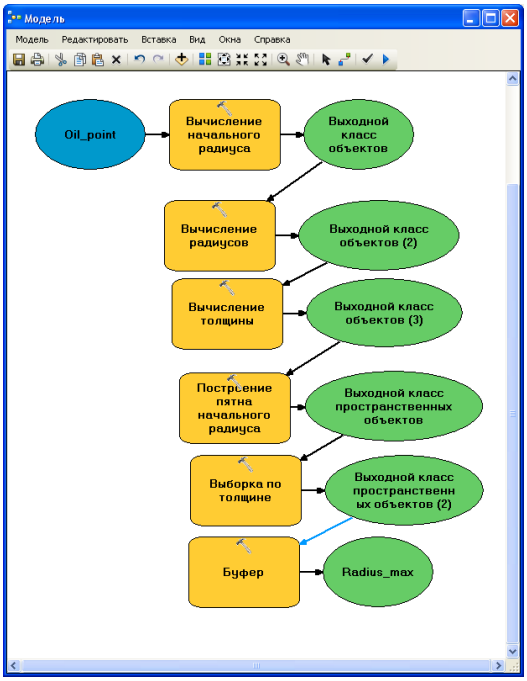


Рис. 1.

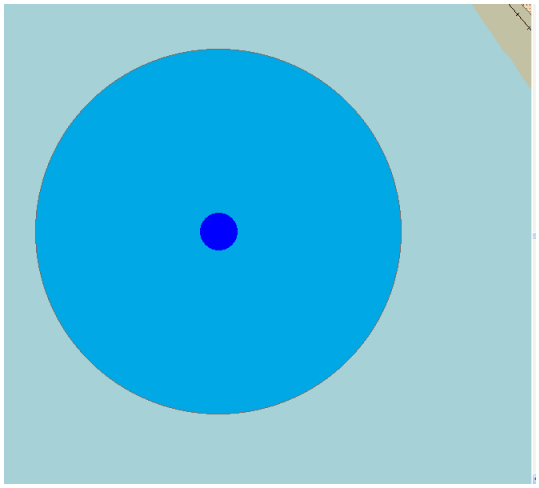


Рис. 2.

Точка разлива имеет пространственную привязку и определяется географическими координатами. Модель определяет радиусы нефтяного пятна при отсутствии ветрам и течения. В результате работы модели на экране отображается первоначальный радиус разлива нефти и радиусы пятна с течением времени, что позволяет спрогнозировать границы нефтяного пятна во времени.

Список литературы:

1. Омирзак А. А. Определения радиуса разлива нефти на водной поверхности при отсутствии ветра/ Вестник КазНИТУ №5 (81). – URL: http://vestnik.kazntu.kz/files/newspapers/29/669/669.pdf

Исследование факторов, влияющих на развитие детей раннего возраста

Ю.В. Саблина, А.В. Ульянова, Г.А. Машевский

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

Одной из актуальных проблем современности является оказание необходимой помощи детям с нарушениями и задержками психического развития и их реабилитация. Причины подобных задержек могут быть разнообразны, например, они могут быть следствием нарушений зрения или слуха ребёнка. У подобных детей могут возникать проблемы с самообслуживанием, обучением, социализацией, в тяжёлых случаях возможна инвалидность ребёнка. В силу этого, данные дети нуждаются в целом комплексе специальных мер по их медицинской и социальной реабилитации. Очевидно, что чем раньше будут выявлены нарушения в развитии ребёнка, тем более эффективная помощь может быть ему оказана.

В настоящий момент существует большое количество разнообразных методик, позволяющих произвести нейроповеденческую диагностику у детей раннего возраста. Среди них можно выделить шкалу моторного развития Альберта (AIMS), где оценка складывается из числа выполненных навыков и в сравнении с эталонными величинами попадает в коридор от 1 до 7, чем ниже коридор — тем ниже развитие; Денверский скрининг-тест развития (DDST) содержит 4 шкалы: 1) грубая моторика; 2) тонкая моторика; 3) речь; 4) социальная адаптация; шкала интеллектуального развития по Гриффитс (GMDS)**,** оценивает тенденции развития ребенка в разных сферах и включает в себя оценку локомоторных навыков, индивидуально-социальных и речевых навыков ребёнка, его глазодвигательной координации, а также общего возраста (по уровню развития).

Вместе с тем данные методики не лишены определённых недостатков. Среди них можно отметить определённую субъективность их результатов, наличие длительного интервала между повторными исследованиями, а также закрытый характер данных методик (результаты тестов считаются достоверными только в случае использования жёстко заданных стимулов и замена их похожими недопустима). Кроме того, результаты различных методик могут противоречить друг другу. Наконец, данные тесты не обладают прогностической ценностью и не позволяют выявить предрасполо-

женность ребёнка к задержке в его развитии сразу после его рождения. В силу этого представляется необходимым поиск объективных факторов, влияющих на уровень развития ребёнка, выполняющих роль своеобразных маркеров патологии.

С целью выявления подобных факторов риска был проанализирован массив, содержащий результаты обследования детей с патологическими задержками развития (всего 139 наблюдений). В этот массив вошли помимо оценок по описанным выше шкалам антенатальные, интранатальные и постнатальные факторы, а также данные о наличии ряда других патологий, способных оказать влияние на развитие ребёнка.

С целью выявления факторов, влияющих на развитие ребёнка, массив был подвергнут корреляционному анализу. Поскольку большинство рассматриваемых параметров представляет собой категориальные переменные, для оценок был использован ранговый коэффициент корреляции Спирмана, для его расчёта использовался математический пакет STATISTICA 7.0.

В результате выполненных исследований было установлено наличие значимых корреляций речевого развития ребёнка со степенью его тугоухости, глухотой его родителей, наличием у него гипоксически-ишемической энцефалопатии (ГИЭ), присутствием цитомегаловирусной инфекции во время беременности (ЦМВ), заболеванием матери гепатитом С (ВГС), а также обвитие пуповиной плода во время родов. С социальным развитием ребёнка коррелируют ГИЭ, ЦМВ, ВГС, наличие у ребёнка слухового протеза-имплантата, обвитие плода пуповиной во время родов, а также расширение желудочков его мозга. Моторные навыки ребёнка коррелируют с ЦМВ, ВГС. Интересным представляется также наличие положительной корреляции ($R = 0,25$, $p = 0,0051$) между моторным развитием ребёнка и наличием у него брата-близнеца, т.е. можно сделать вывод, что наличие брата-близнеца благотворно влияет на развитие моторики ребёнка.

Таким образом, выявленные факторы могут быть положены в основу методики оценки риска возникновения задержек развития у ребёнка.

Применение роботизированных биомеханических локомоторных систем в реабилитации пациентов после острого нарушения мозгового кровообращения на примере устройства Lokomat Pro

Ю.В. Федосеев, Е.Ф. Щурова

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

ГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»

В настоящее время инсульт занимает второе место среди причин смертности населения в современной России. В Санкт-Петербурге частота инсульта в 2008 году составила 528 случаев на 100 000 населения, при этом летальность при ишемическом инсульте в том же году равнялась 39%. С каждым годом все чаще данное заболевание встречается и у молодых лиц, что влияет на трудоспособность населения страны. Инсульт оставляет после себя тяжелые последствия в виде двигательных, речевых и других видов нарушений. 31% пациентов, перенесших инсульт, требуют посторонней помощи для ухода за собой, а 20% не могут самостоятельно ходить. Инсульт накладывает особые обязательства на членов семьи больного и ложится тяжелым социально-экономическим бременем на общество. Поэтому максимальное восстановление двигательной функции пациентов является одной из важных задач современных биотехнических систем и медицины [3].

Целью данной работы является повышение эффективности использования роботизированных биомеханических локомоторных систем для последующего ускорения темпов максимального восстановления трудоспособности, двигательной активности и возвращения пациента к нормальному образу жизни после перенесенного им острого нарушения мозгового кровообращения.

В основе восстановления нарушенной двигательной функции лежит механизм нейропластичности — способности нервной ткани к структурно-функциональной перестройке, наступающей после ее повреждения. Этот механизм активизируется в процессе многократного целенаправленного повторения движений, что и используется в современной реабилитации

при помощи роботизированного реабилитационного комплекса. В процессе тренировки происходит длительная целенаправленная тренировка конечностей, активация процессов нейропластичности и спинальных генераторов локомоторной активности и закрепление эффекта с помощью биологически обратной связи (БОС) [1].

LokomatPro — это роботизированное ортопедическое устройство для восстановления навыков ходьбы, оснащённое электрическим приводом и системой поддержки массы тела, использующееся в комбинации с беговой дорожкой. LokomatPro, воссоздавая физиологически правильную ходьбу, помогает телу «вспомнить» утраченные навыки движения, заставляет включиться в работу мышцы, которые находились длительное время в бездействии. LokomatPro включает следующие инструменты удобной оценки состояния пациента:

L-WALK: ведет запись данных о походке пациента и хранит эти данные для последующего анализа и документации.

L-STIFF: измерят ригидность тазобедренного и коленного суставов пациента в момент осуществления движения нижней конечности по заданной траектории, записывая величину крутящего момента.

L-FORCE: измеряет изометрическую силу, производимую пациентом.

L-ROM: предоставляет точные измерения объема движения бедренного и коленного суставов пациента в пассивном состоянии без помощи двигателей.

Основными преимуществами LokomatPro являются:

Возможность измерять активные движения пациента при помощи специальных силовых датчиков, размещенных непосредственно на устройствах движения, что позволяет приспособить интенсивность механической ассистенции движению для каждой конечности в отдельности в диапазоне от нулевой до максимальной. Приспосабливаемая в реальном времени интенсивность механической ассистенции движению для каждой конечности стимулирует пациентов работать усерднее.

Интегрированная система обратной связи мониторирует походку пациента и визуально отображается в реальном времени, повышая мотивацию пациента и стимулируя его на активное участие.

Усовершенствованная динамическая подвесная система Levi позволяет равномерно разгрузить массу тела пациента, способствуя тем самым созданию условий для более физиологической ходьбы и оптимальной сен-

сорной стимуляции. Система Levi обладает автоматической настройкой, удаленным управлением и хранением данных.

Модуль FreeD улучшает терапию позволяя выполнять боковые движения и поперечные вращения таза. Теперь пациенты могут полностью перенести вес на ногу и тем самым активировать постуральные мышцы и улучшить баланс Свободное отведение и приведение бедра, так же, как и боковое смещение разгрузки веса тела, полностью синхронизированы с движениями таза и ортезов [2].

Список литературы:

1. Mayr A, Kofler M, Quirbach E, Matzak H, Frohlich K, Saltuari L. Prospective, blinded, randomized crossover study of gait rehabilitation in stroke patients using the Lokomat gait orthosis // Neurorehabil Neural Repair. — 2007. — Vol. 21, № 4. — P.307-314.
2. Черникова Л.А., Демидова А.Е., Домашенко М.А. Эффект применения роботизированных устройств («Эриго» и «Локомат») в ранние сроки после ишемического инсульта // Журн. Вестник Восстановительной медицины. — 2008. — № 5. — С. 73-75.
3. Статистика заболеваемости инсультом в Санкт-Петербурге [http://szgmu.ru/rus/m/457/] // Национальная ассоциация по борьбе с инсультом.

Разработка устройства для слежения за взглядом человека

К.Л.Хузягулова

Уфимский государственный авиационный технический университет

По данным ряда общественных организаций, в мире насчитывается около 750 тыс. полностью парализованных людей. В повседневной жизни они сталкиваются с такими трудностями, о которых здоровые даже не догадываются. Даже включение и выключение света превращается для них в неразрешимую задачу, не говоря уже о работе на компьютере. Повысить качество жизни людей с ограниченными возможностями может устройство, позволяющее отслеживать движения глаз. Такое устройство позволит набирать текстовые сообщения, отправлять электронную почту, работать в интернете, используя исключительно глаза.

Одним из методов слежения за направлением взора является электроокулография (ЭОГ). По сравнению с другими окулографическими методами, такими, как фотооптический, фотоэлектрический и электромагнитный, ЭОГ исключает контакт с глазным яблоком, может проводиться при любом освещении и тем самым не нарушает естественных условий зритель-

ной активности [1]. В основе метода лежит использование собственных электрических свойств глазного яблока. По своей физической природе оно является диполем, в котором сетчатка относительно роговицы заряжена отрицательно. Электрическая ось глазного яблока примерно совпадает с оптической осью и, следовательно, может служить индикатором направления взора. Изменение разности потенциалов между роговицей и сетчаткой (корнеоретинальный потенциал), сопровождающее перемещение глаз, обнаруживается через изменение потенциала в тканях, прилегающих к глазнице. Диапазон изменения амплитуды электроокулографического сигнала составляет 0,01…0,2 мВ, частотный диапазон составляет 0,1…40 Гц [2].

Для регистрации вертикальной составляющей движений глаз используются датчики, расположенные около верхнего и нижнего края глазной впадины, а для регистрации горизонтальной составляющей − датчики, расположенные около висков. Устройство, реализующее сбор значений окулограммы, оцифровку и анализ движений глаз, работает следующим образом. Дифференциальный сигнал от каждой пары электродов поступает на вход устройства. Амплитуда сигнала очень мала, поэтому для качественного усиления сигналов с исключением постоянной составляющей используются прецизионные дифференциальные усилители. После усиления сигнал подвергается фильтрации. Полезная часть сигнала лежит в области частот от 0,1 до 40 Гц. Более высокочастотные составляющие сигнала необходимо отфильтровать. После фильтрации сигнал поступает на аналого-цифровой преобразователь для преобразования в цифровую форму. Работой схемы управляет микроконтроллер. Он используется для настройки работы схемы, для обработки поступающей информации, а также для отсылки ее по протоколу беспроводной связи ZigBee на компьютер. Компьютер будет производить сбор и анализ данных, что позволит снизить энергопотребление устройства.

Таким образом, разрабатываемое устройство регистрирует электрические потенциалы, которые несут информацию о траектории движения глаз. Оно может быть полезно во многих областях. Наиболее актуальным применением этого устройства является повышение качества жизни людей с ограниченными возможностями. Например, его можно использовать для управления бытовыми приборами, набора текста, управления инвалидной коляской. Для людей, у которых подвижными являются только глаза, такое

устройство может служить средством общения с окружающим миром. Также оно может применяться в неврологии для исследования механизма зрения, в диагностике − для определения психологических расстройств или усталости.

Список литературы:

1. Барабанщиков В. А. Методы регистрации движений глаз: теория и практика / В. А. Барабанщиков, А. В. Жегалло // Психологическая наука и образование. − 2010. − №5. − С. 240-254.
2. Акулов С. А. Измерительные преобразователи биомедицинских сигналов систем клинического мониторинга. − М.: Радио и связь, 2013 − 250 с.

Ультрафиолетовое облучение крови (УФОК)

Шикама Фабиен

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

В последние годы наблюдаются много случаев неэффективности лекарственных препаратов (резистентность микроорганизмов к применяющимся антибиотикам, органотоксическое действие, непереносимость препаратов, изменение реактивности организма пациента). При этом все больше внимания специалистов уделяется поиску возможных альтернатив антибиотикотерапии при воспалительных заболеваниях. В связи с этим ультрафиолетовое облучение крови (УФОК) является эффективным альтернативным методом лечении.

Цель: является разработкой автоматизированной системы измерения параметры крови до и после воздействия УФО.

Биологическое действие ультрафиолетового излучения (УФИ) обусловлено способностью молекул веществ, входящих в состав клеток живых организмов, поглощать кванты излучения и в результате такого воздействия в зависимости от дозы облучения и времени экспозиции, возбуждается определенная группа молекул, высокочувствительная к данному спектру света. Посредством сложных биохимических реакций развивается общая реакция всего организма, включающая целый ряд лечебных эффектов, зачастую превышающий фармакологическую терапию. Важнейшим из них является иммуностимулирующий эффект.

По биологическому действию на организм и в зависимости от длины волны УФ-спектр делится на три части:

- Длинноволновый ультрафиолетовый спектр излучения А (400 — 320 нм). Длинноволновая часть спектра УФ излучения оказывает слабое биологическое действие на клетки и ткани организма, но активно влияет на липидный белковый и углеводный обмены.

- Средневолновый ультрафиолетовый спектр излучения В (320 — 280 нм). Обладает более выраженным биологическим действием. Продукты фотолиза белков поступают в ток крови и вызывают расширение сосудов, отек кожи, миграцию лейкоцитов, раздражение многочисленных рецепторов, ведущее к возникновению ряда рефлекторных реакций организма.

- Коротковолновый ультрафиолетовый спектр излучения С (280 — 180 нм). При действии на живую клетку УФС наступают денатурация белка и гибель клетки. Коротковолновой спектр излучения оказывает выраженное бактериостатическое и бактерицидное действие на микроорганизмы, находящиеся на кожных покровах и слизистых оболочках.

Основные лечебные эффекты УФОК-терапии.

Улучшение доставки кислорода к органам, повышение протеолитической активности, подавление коагуляционной активности, ускорение кровотока, иммуностимуляция, увеличение резистентности эритроцитов и т.д.

Процедура УФО крови проводится в двух модификациях: внесосудистое и внутрисосудистое облучение.

При проведении внутрисосудистого облучения, световод вводится непосредственно в сосуд через просвет иглы. При внесосудистом УФО воздействие на кровь происходит экстракорпорально, через стеклянную пробирку инфракрасного излучения широкого спектра регистрируются параметры крови до УФОК, потом проходит облучение ультрафиолетовыми лучами определенного спектра. После УФОК, инфракрасного излучения через стеклянную трубочку, нужно регистрировать параметры крови, чтобы сделать сравнительный анализ, исследовать эффективность лечения. Длительность процедуры УФО крови составляет 40 — 60 минут. Количество необходимых сеансов определяется индивидуально для каждого пациента, в среднем курс составляет 5-7 процедур.

Значимость проекта: в методике провидении, анализ параметры крови осуществляется до и после воздействия УФО.

Результаты УФОК

В целом эффект от процедуры сводится к усилению иммунитета и общему оздоровлению всего человеческого организма или определенных его органов и тканей.

ЭЛЕКТРОНИКА И ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ

Shoulder disarticulation fitting with 6 independently controlled motors after targeted hyper-reinnervation nerve transfer surgery

Ahmed Elsayed Soliman Berber

Egyptian Russian University

An experimental prosthesis was built for control by a person with shoulder disarticulation Amputation. The six powered Functions, integrated by LTI, included a prototype shoulder, an experimental humeral rotator, a Boston Digital arm, a wrist rotator, and a hand with powered wrist flexion/extension. A powered shoulder joint. In a traditional mounting, this shoulder has flexion and extension movement only in the sagittal plane. The next component distally was the humeral rotator. The elbow unit/controller was the Boston Digital Arm. This system allows for nine analog (myoelectric or other proportional) inputs, five digital inputs and direct control of five motors. By passing input signals through the elbow to an additional LTI VariGrip controller located in the forearm, it was possible to increase the number of motor control signals to the required six. An Otto Bock electric wrist rotator was mounted distal to the elbow. The input cables were modified to allow the coaxial plug to contain the two control signals necessary for hand control. The Shanghai Keshen Hand (Model M21) was used. The wrist rotation and the wrist flexion and extension were controlled by signals from the extra VariGrip controller. The remaining four motors were controlled directly by motor signals from the Boston Digital Arm. During previous myotesting, the subject had difficulties with co-contraction of radial nerve functions (elbow/wrist /hand extension) and it was not possible to separate the elbow extension signal (radial nerve transfer) from the cardiac signal (ECG). Because the subject had practiced this movement (arm extension) over the past year, he had increased the EMG signal in magnitude but it was still not great enough to isolate for two-site elbow control. The LTI DC electrode amplifiers were modified to add a 60Hz low-pass filter and the LTI AC electrode amplifiers were modified to a narrow band pass centered at 120 Hz. This proved to be effective in reducing a majority of the ECG interference and allowed the use of the fourth con-

trol site. Improved function was achieved as this modification was done to all of the electrode amplifiers located on the chest wall.

The subject controlled hand opening and closing, elbow flexion and extension and humeral internal and external rotation using myoelectric signals. Unexpectedly, two independent myoelectric signals, for hand open and hand close, could be reliably recorded over the median nerve-muscle unit. Though the median nerve innervates mainly hand-close muscles, the subject imagined thumb abduction to «open» the hand. This is also a median nerve function. The musculocutaneous nerve transfer was used for elbow flexion and the radial nerve transfer was used for elbow extension. The subject had some remaining deltoid musculature that could be used for a myoelectric site. This signal was used to control internal humeral rotation while a latissimus dorsi site was used to control external humeral rotation. This is counter-intuitive since the latissimus dorsi muscle is an internal rotator of the humerus, however, this felt easier and more comfortable to the subject and thus was implemented. To maximize the number of controls mounted in the socket, a rocker switch was positioned superiorly within the socket to control the shoulder. This rocker was modified by adding two FSR's to make the output signals proportional to the force applied to the rocker. Forward movement of the rocker flexed the shoulder joint (or lifted the arm) and backward movement of the rocker brought the arm down. A force-sensitive resistor (FSR) touch pad was mounted anterior within the shoulder cap to control wrist flexion and a second was mounted posterior to control wrist rotation. Each of these two FSRs controlled movement via a single-site control where a soft/slow touch moved the motor in one direction and a hard/fast touch moved the motor in the opposite direction.

The subject was able to control multiple joints simultaneously. He was also better at pre-positioning the terminal device in space. The subject was able to demonstrate simultaneous control of at least 3 degrees of- freedom (shoulder flexion), (elbow extension) and opening or closing the hand. The subject found the nerve transfer EMG controlled functions to be the easiest to use. Operation of the humeral rotator with EMG control was also relatively easy. Control functions with shoulder motion were clearly more difficult. Shoulder flexion/extension improved quickly. Operation of the wrist rotator and the wrist flexion/extension motors with just single site FSR touch pads using soft/slow for one direction and hard/fast for the other continues to be the most challenging, least reliable and the heaviest cognitive burden.

References

1. Lowery, M.M., Stoykov, N.S. and Kuiken, T.A. Independence of myoelectric control signals examined using a surface EMG model, IEEE Trans Biomed Eng, 50(6), 789-793, 2003.
2. Kuiken, T.A., Stoykov, S., Popovic, M., Lowery, M. and Taflove A. Finite element modeling of electromagnetic signal propagation in a phantom arm, IEEE Trans Neural Sys Rehab Engr, 9(4), 345-354, 2001.

Определение параметров приповерхностной области в арсениде галлия методом фотоотражения

П.С.Авдиенко, О.С.Комков

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

Для решения современных задач оптоэлектроники требуется изучение оптических свойств полупроводниковых материалов. Благодаря модуляционным методикам можно выявить особенности структуры, обусловленные электронными переходами в критических точках дисперсионной кривой, связанных с экстремумами диэлектрической проницаемости ε [1] .

Целью работы являлось определение напряженности электрического поля на поверхности полупроводникового образца методом фотомодуляционной оптической спектроскопии (фотоотражения). Объектом исследования являлся арсенид галлия, легированный оловом $n = 2.95 \cdot 10^{17}$ см$^{-3}$.

В спектроскопии фотоотражения принято измерять не обычный оптический спектр полупроводника, а изменения в спектре, вызванные малым, периодически меняющимся возмущением или малыми изменениями параметров световой волны, это позволяет экспериментально регистрировать производные различного порядка оптических спектров. Как правило, регистрируется относительное изменение коэффициента отражения $-\Delta R/R$, что позволяет устранить постоянный фон, а также становится возможным зафиксировать изменение в спектре.

Измерения проводились на спектрометре аналогичном описанному в работе [2]. В ходе эксперимента был получен спектр, который дал последовательное затухающие осцилляции. Для образца было выполнено соотношение $(\hbar\Omega)^3/(\Gamma)^3 \geq 1/3$, где Г — феноменологическое уширение, $\hbar\Omega$ – электрооптическая энергия. Этот факт указывает на то, что выполняется условие соблюдения режима среднего поля. В асимптотическом прибли-

жении эффекта Франца — Келдыша эти осцилляции описываются выражением:

$$\frac{\Delta R}{R} \sim (\hbar\omega - E_g)^{-1} \cdot \exp\left[-\frac{\Gamma(\hbar\omega - E_g)^{\frac{1}{2}}}{(\hbar\Omega)^{\frac{3}{2}}}\right] \cdot \cos\left[\varphi + \frac{2}{3}\left(\frac{\hbar\omega - E_g}{\hbar\Omega}\right)^{\frac{3}{2}}\right]$$

В точках экстремума выполняется равенство:

$$f\pi = \varphi + (2/3)\left((\hbar\omega - E_g)/\hbar\Omega\right)^{3/2},$$

где $f \geq 2 -$ порядковый номер экстремумов.

В случае однородного электрического поля значения величина $(\hbar\omega - E_g)^{3/2}$ в зависимости от номера экстремума f укладываются на прямую, наклон которой определяет $\hbar\Omega$. Воспользовавшись формулой

$$\hbar\Omega = (\mathrm{e}^2\hbar^2\mathrm{F}^2/8\mu)^{1/3},$$

можно определить напряженность электрического поля F на поверхности.

Было проведено сравнение полученных результатов с расчетным значением электрического поля на поверхности $- F_S$. Для расчета F_S потребовалось знать поверхностную разность потенциалов $- V_S$, которая, в свою очередь, определяется разностью между уровнями Ферми на поверхности и в объеме. Значение $E_F^S = 0{,}75$ эВ приводится в работе [2]. Результаты расчетов сведены в таблицу.

Параметры области объемного заряда в исследованном GaAs

E_F^V, эВ	E_F^S, эВ	V_S, В	$F_S, 10^7 \frac{\text{В}}{\text{м}}$	$F, 10^7 \frac{\text{В}}{\text{м}}$	W, мкм
0,027	0,75	0,72	2,35	1,45	0,06

Очевидно, что измеренная величина F заметно меньше F_S. Из чего следует, что сигнал фотоотражения был сформирован в приповерхностном слое конечной толщины, в котором существует изменение внутреннего электрического поля, определяемое, прежде всего, концентрацией свободных носителей заряда. Это означает, что полученное поле F является неким усредненным полем по области формирования сигнала.

Список литературы:

1. Ю П., Кардона М. Модуляционная спектроскопия (2002).
2. А. Н. Пихтин, М. Т. Тодоров ФТП 1139 (1993).

Жидкостный лазер на основе органических красителей и коллоидных квантовых точек

В.А. Герман, А.В. Корнеева

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

Жидкостные лазеры применяются не так часто, как твердотельные или газовые, но при этом они обладают рядом уникальных свойств. Лазеры с твердой активной средой сильно зависят от качества кристалла, который к тому же подвержен разрушению в процессе работы. Газовые лазеры лишены этого недостатка, но имеют намного меньшую концентрацию атомов активного вещества. С этих точек зрения концентрация рабочего вещества в жидкостных лазерах высокая и ее можно изменять с заданной точностью, помимо того активная среда дешевая и не подвержена разрушению. При использовании резонаторов на основе дифракционных решеток лазеры на красителях обеспечивают плавную перестройку длины волны излучения в широком (десятки нанометров) промежутке спектра.

Перестраиваемые лазеры могут быть твердотельными, жидкостными, волоконными, полупроводниковыми, гибридными и т.д. Наибольшие области спектральной перестройки линии излучения имеют твердотельные лазеры: титан-сапфировый лазер (690—1100 нм), Cr: ZnSe лазер (1970—2760 нм), Fe: ZnSe лазер (3950-5050 нм), и жидкостные лазеры: лазер на красителях (400—700 нм). Использование активной среды, обладающей широкополосным спектром излучения позволяет создать лазер, в котором длина волны может непрерывно меняться в широких пределах. Лазеры на красителях обладают широчайшим диапазоном перестройки, состоящим из множества спектральных поддиапазонов шириной ~50-80 нм для каждого красителя.

Целью работы является создание жидкостного лазера на основе органического красителя, с последующей заменой его на раствор коллоидных квантовых точек. Коллоидные квантовые точки — полупроводниковые нано кристаллы с размером в диапазоне 2-10 нм, состоящие из 10^3 — 10^5 атомов, созданные на основе неорганических полупроводниковых материалов Si, InP, CdSe и т. д., покрытые монослоем стабилизатора. Их объединяют физические и химические свойства молекул с оптоэлектронными свойствами полупроводников. Квантово-размерные эффекты играют клю-

чевую роль в оптоэлектронных свойствах квантовых точек. Энергетический спектр принципиально отличается от объемного полупроводника. Квантовые точки имеют большой потенциал практического применения. В первую очередь это связано с возможностью контролировать варьировать эффективную ширину запрещённой зоны при изменении размера. При этом будут изменяться оптические свойства системы: длина волны люминесценции, область поглощения. Другой практически важной особенностью квантовых точек является способность существовать в виде золей (растворов). Используя оба эти качества, мы можем заменить краситель в лазере на раствор квантовых точек, и получить возможность плавной перестройки частоты в заданном диапазоне. Другое преимущество квантовых точек — высокая фотостойкость по сравнению с органическими красителями.

Методика проведения работы заключалась в следующем. Первым этапом для создания лазера на красителе является подбор концентрации родамина G, при которой будет получена максимальная флуоресценция при прохождении лазерного излучения через кювету с раствором, используемого для накачки. На основе экспериментов была выбрана наиболее эффективная с точки зрения яркости люминесценции концентрация 0,04 мг/мл. При изучении спектра родамина G были подобраны фильтры для выделения излучения красителя. Составлен резонатор, состоящий из двух зеркал, реализуется система прокачки жидкости через кювету с активной средой. Проводятся исследования скорости прокачки рабочего вещества, интенсивности и направленности излучения накачки, размеров резонатора, вида резонатора, размера кюветы и других параметров системы на усиление в лазере. Проводятся эксперименты при накачке в импульсном и непрерывных режимах. Для получения возможности плавной перестройки длины волны одно из зеркал в резонаторе заменяется дифракционной решеткой. В дальнейшем планируется замена красителя на раствор ККТ, что позволит существенно расширить диапазон перестройки длины волны лазера.

Многодиапазонная антенна для сотовых телефонов

А.Д. Григорьев, Б.А. Джалилов

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

Сети 4G на основе стандарта LTE способны работать практически по всей ширине спектра частот от 700 МГц до 2,7 ГГц. Поэтому в настоящее время стандарт LTE получает все более широкое распространение. В разных странах используются различные частоты и полосы для LTE, что позволяет подключать к LTE сетям по всему миру только многодиапазонные телефоны.

Крайне сложно обеспечить высокий КПД антенны сотового телефона при работе в нескольких частотных полосах. Поэтому обычно приходится импользовать несколько антенн на разные диапазоны, что увеличивает габариты антенной системы. В качестве альтернативы предложено использовать одну антенну с перестройкой по частоте.

Для перестройки рабочей частоты антенны можно использовать переменные цифровые конденсаторы [1], варакторы, *p-i-n* диодные переключатели [2] или электромеханические переключатели (MEMS) [3]. В данной работе рассматривается перестройка частоты антенны с помощью PIN диода. Моделирование проводилось на упрощенной модели телефона с помощью программы RFS [4].

Использовалась двухдиапазонная антенна типа PIFA (рис. 1). Антенна состоит из низкочастотной и высокочастотной ветвей. Между ними включена развязывающая LC цепь. Антенна возбуждается от сосредоточенного порта с волновым сопротивлением 50 Ом через согласующую LC цепь. Элемент перестройки частоты подключен к низкочастотной ветви. С помощью программы RFS проводился расчет параметров антенны

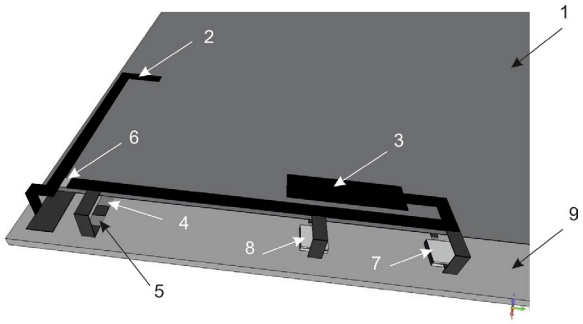


Рис. 1. Антенна сотового телефона. 1 - Металлизация, 2 - Антенна ВЧ, 3 - Антенна НЧ, 4- Возбуждение, 5,6 - Согласующая LC цепь, 7,8 - PIN диод, 7-FR4

для четырех состояний PIN диодов, соответствующих четырем низкочастотным диапазонам (НЧД) работы телефона.

а) б)

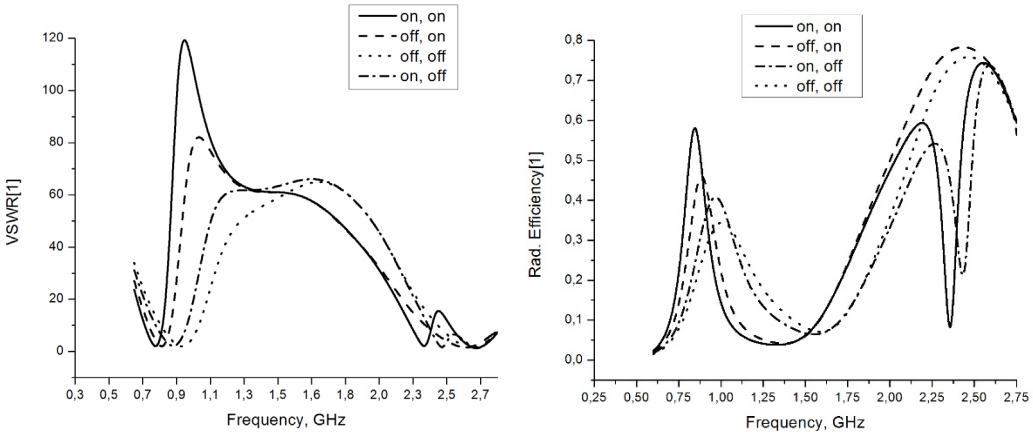


Рис. 2. КСВН антенны (а) и КПД (б) для различных состояний PIN диодов.

Результаты моделирования представлены на рис. 2. Они показали, что с помощью этих диодов можно достичь переключения между частотами 724, 775, 827, 892 МГц, что соответствует заданным LTE диапазонам. Положение высокочастотной полосы при такой перестройке практически не меняется. Ширина полосы в НЧ диапазонах составляет 12....19,4%, а в ВЧ диапазоне — 12,2% (рис. 2а), что соответствует стандарту LTE.

КПД антенны составляет 60% в области низких частот и 73% на высоких частотах (рис. 2б). Поскольку предлагаемая антенна компактна и имеет широкий частотный универсальность, она может быть использована в системах мобильной связи, охватывающих LTE стандарт.

Список литературы:

1. Григорьев А.Д., Джалилов Б.О. Электрически перестраиваемая антенна для сотовых телефонов // Изв. Вузов России. Радиоэлектроника. 2015. Вып 5. С. 39-41.
2. J. H. Lim, G. T. Black, Y. I. Ko, C. W. Song, T. Y. Yun, «A Reconfigurable PIFA Using a Switchable PIN-Diode and Fine-Tuning Varactor for USPCS/ WCDMS/ m-WiMAX/ WLAN" IEEE Transactions on Antenna and Propagation, Vol. 58, No. 7, pp. 2404-2411, April 2010.
3. Erdil, Emre; Topalli, K.; Unlu, M.; Civi, O.A.; Akin, T., «Frequency Tunable Microstrip-Patch Antenna Using RF MEMS Technology», Antennas and Propagation, IEEE Transactions on, vol. 55, no. 4, pp. 1193,1196, April 2007.
4. Grigoriev A.D., Salimov R.V., Tikhonov R.I. Cellular handsets antenna modeling by vector finite element method // Journal of communication technology and electronics. 2012, V.57, No 3, pp 261-267.

Излучающие структуры на основе коллоидных квантовых точек, имеющие высокий коэффициент цветопередачи

Л.И. Козлович, П.О. Тадтаев, О.С. Ваталев, Е.М. Степанов

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

В последнее время во всем мире особый интерес проявляется к квантово-размерным структурам, в которых свободные носители заряда локализованы в одном, двух или во всех трех координатных направлениях в области с размерами порядка дебройлевской длины волны носителей. При этом энергетический спектр полупроводника становится дискретным вдоль координаты, по которой ограничено движение. Квантовые структуры, у которых движение ограничено по всем трем направлениям, называются квантовыми точками (КТ). Изменяя геометрические размеры и состав КТ можно в весьма широких пределах регулировать важнейшие свойства подобных частиц. Применение КТ дает возможность создания приборов наноэлектроники и фотоники нового поколения. Особенно перспективны коллоидные квантовые точки (ККТ) — полупроводниковые частицы нанометрового размера, синтезированные в жидкой среде и обладающие уникальными оптическими свойствами. ККТ могут быть использованы в составе активной области светодиодных и лазерных структур, в качестве фотосенсибилизаторов в солнечных батареях. Из ККТ могут быть изготовлены люминофоры с задаваемой длиной волны люминесценции, которые могут прийти на смену традиционным материалам, широко применяемым в медицине и оптоэлектронной промышленности [1].

Для создания светоизлучающих структур в работе использовались квантовые точки сульфида и селенида кадмия, обладающие высоким квантовым выходом в видимой области спектра. В качестве растворителя использовался толуол. При создании структур квантовые точки различных размеров осаждались на стеклянную подложку методом центрифугирования. Затем производился отжиг в вакуумной среде при температуре 90^{o}C в течение 30 минут. Для созданных структур были измерены спектры фотолюминесценции и другие важнейшие характеристики. Показано, что коэффициент цветопередачи (CRI) зависит от люминесцентных свойств ККТ в составе структуры. Для создания структур с заданным коэффициентом

цветопередачи была проведена серия экспериментов по изготовлению образцов, состоящих из смеси квантовых точек различных размеров и состава. В качестве эталона белого света был выбран спектр абсолютно черного тела при температуре 5500 К.

В результате экспериментов было создано три типа образцов с различными индексами цветопередачи и измерены спектры их фотолюминесценции. Первый тип образцов создавался на основе смеси квантовых точек CdS с длиной волны 440 нм и квантовых точек CdSe — на 500 и 600 нм. В данном образце наблюдались провалы на длинах волн 450 и 550 нм и коэффициент цветопередачи составил 85. Тем не менее, такие образцы позволяли получить сравнительно высокий коэффициент при использовании наименьшего количества компонентов в смеси. Для повышения коэффициента цветопередачи были созданы структуры, содержащие четыре и более компонента. На спектре образца второго типа, состоящего из квантовых точек CdS с пиковой длиной волны люминесценции 400 и 440 нм и CdSe — на 500 и 600 нм, наблюдается небольшой провал на длине волны 600 нм и сильный пик — на 680 нм, при этом коэффициент цветопередачи увеличился до 90. При создании третьего типа образцов были учтены все предыдущие соотношения концентраций и во избежание образования провалов и пиков на спектре была изготовлена пятикомпонентная структура, состоящая из квантовых точек CdS с длинами волн 400 и 440 нм и CdSe — на 500, 550 и 600 нм. При этом был достигнут наивысший в работе коэффициент цветопередачи 95. Для всех образцов концентрации квантовых точек подбирались так, чтобы максимум люминесценции люминофора приходился на длину волны 500 нм, а боковые пики обеспечивали необходимую интенсивность в длинноволновой и коротковолновой части спектра, что и позволило добиться высокого значения индекса цветопередачи. В настоящее время проводятся работы по достижению цветопередачи, близкой к 100, а также реализация люминофорных структур, подходящих для созданию эталонов с другими цветовыми температурами.

Список литературы:

1. Парфенов В.В. Квантово-размерные структуры в электронике: оптоэлектроника// Казань: КГУ. — 2007 — 16 с.

Определение влияния сульфидизации подложки на свойства автоэпитаксиальных слоёв InAs методом фотолюминесценции

Д.В.Коляда[1], Д.Д.Фирсов[1], П.С.Шилов[2], О.С.Комков[1]

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

[2]ОАО ЦНИИ «Электрон»

Арсенид индия является перспективным материалом электронной техники. Высокая подвижность электронов позволяет создавать на его основе быстродействующие транзисторы и микросхемы. Малая ширина запрещённой зоны даёт возможность изготавливать фотоприёмные устройства (ФПУ), работающие в инфракрасном диапазоне длин волн.

Целью работы является оценка влияния обработки подложки раствором сульфида натрия (Na_2S) на качество выращиваемых эпитаксиальных слоёв. Одним из методов, позволяющих провести бесконтактную оценку, является измерение спектров фотолюминесценции (ФЛ) [1].

Сульфидизация подложек позволяет избавиться от слоя окисла, вместо которого образуется тонкая сульфидная плёнка, защищающая поверхность подложки от влияния окружающей среды до начала роста [2]. Предполагается, что структуры, выращенные на подложке n^+- InAs без окисла, будут обладать лучшими свойствами.

Сульфидная пассивация подложек исследуемых образцов проводилась при комнатной температуре. Было выявлено оптимальное время обработки ~ 9 минут, т.к. по истечении этого времени наблюдалась максимальная интенсивность фотолюминесценции подложки.

Измерение спектров ФЛ проводилось на инфракрасном фурье-спектрометре VERTEX 80 при температуре T = 8 К. Фотолюминесценция измерялась при разных мощностях накачки лазерным диодом. Далее проводилось сравнение спектров ФЛ при двух мощностях накачки P (130 мВт и 6 мВт). Был зафиксирован пик, соответствующий межзонным переходам λ = 3 мкм, (измерялась его интенсивность и ширина на полувысоте) и пик, предположительно соответствующий энергии связанных экситонов λ = 3,1 мкм.

При анализе полученных данных были выявлены следующие зависимости. После сульфидизации подложки растёт ширина на полувысоте ФЛ межзонных переходов в эпитаксиальном слое (рис. 1), что можно объяснить диффузией дополнительной серы из подложки в слой, а так же, возможно, при сульфидизации образовалась поверхностная неоднородность сульфидного слоя или оставшегося слоя окисла.

Относительная интенсивность ФЛ на связанных экситонах (отношение интенсивности ФЛ связанных экситонов к интенсивности ФЛ межзонных переходов) снижается практически во всех образцах с сульфидированной подложкой (рис. 2). Наблюдаемый эффект можно объяснить уменьшением числа центров, на которых могут связываться экситоны.

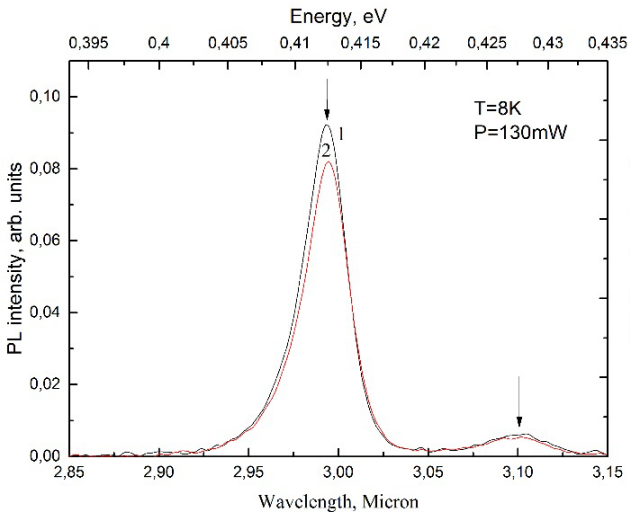


Рис. 1. Спектры ФЛ InAs/n^+-InAs (эпитаксия I), измеренные при большой мощности накачки. 1 — слой, выращенный на несульфидированной подложке, 2 — на сульфидированной.

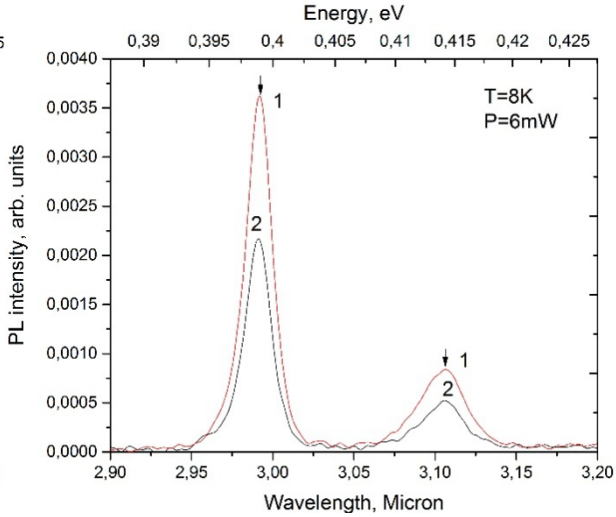


Рис. 2. Спектры ФЛ InAs/n^+-InAs (эпитаксия II), измеренные при малой мощности накачки. 1 — слой, выращенный на несульфидированной подложке, 2 — на сульфидированной. Относительная интенсивность ФЛ связанных экситонов сульфидированного образца 6,5, не сульфидированного — 6,3.

Авторы выражают благодарность группе А. С. Петрова за выращенные образцы.

Список литературы:

1. D.D. Firsov, O.S. Komkov, A.S. Petrov Journal of Physics: Conference Series 643 (2015) 01205 p.1
2. Т.В. Львова, И.В. Седова, М.С. Дунаевский, А.Н. Карпенко, В.П. Улин, С.В. Иванов, В.Л. Берковиц ФТТ, 2009, т. 51, вып. 6 с.1055

Применение тлеющего разряда для спектрального анализа химического состава воды

А.Н. Рамазанов, Д.К. Кострин

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

Увеличение численности населения и развитие производств приводит к экологическим проблемам, в частности, ухудшается качество водных ресурсов. Требуется создание новых методов контроля состава воды — были разработаны методы химического и электрохимического анализа [1]. Однако эти методы довольно дорогостоящие и требуют много времени на проведение анализа. Это послужило причиной к разработке методов спектрального анализа химического состава воды [2], основанных на фотометрической регистрации эмиссионных спектров, которые образуются различными веществами при нагревании их в канале электрического разряда.

Основной целью данной работы явилось исследование параметров тлеющего разряда в системе «металлический анод — жидкий катод» и применение ее для спектрохимического анализа воды. Для проведения экспериментов была использована разрядная система, представленная на рис.1.

В данной системе тлеющий разряд возбуждается в стеклянной кювете *1* и горит между заостренным вольфрамовым электродом *2*, который располагается над поверхностью воды и выполняет функции анода, и металлическим электродом *3*, выступающим в роли катода, располагающимся на глубине до 3 см от ее поверхности и определяющим потенциал жидкости. Для зажигания разряда была разработана высоковольтная импульсная схемы, с помощью которой можно было варьировать частоту следования импульсов от 15 до 50 кГц и напряжение от 0 до 3.5 кВ.

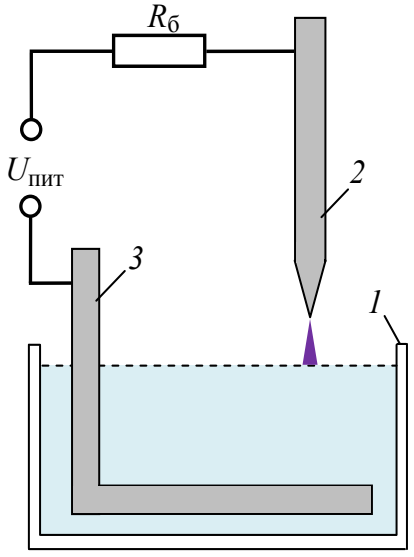


Рис. 1. Конструкция разрядной ячейки.

Спектрограммы разряда атмосферного давления в воздухе между металлическим анодом и поверхностью жидкости снимались с помощью спектрометра ISM3600. Обработка данных про-

водилась с применением программного обеспечения Aspect 2010 [3]. В качестве исследуемой жидкости использовалась водопроводная вода.

В ходе экспериментов были получены вольт-амперные характеристики тлеющего разряда при различных расстояниях между анодом и поверхность воды (3…10 мм), а также спектрограммыразряда (рис. 2).

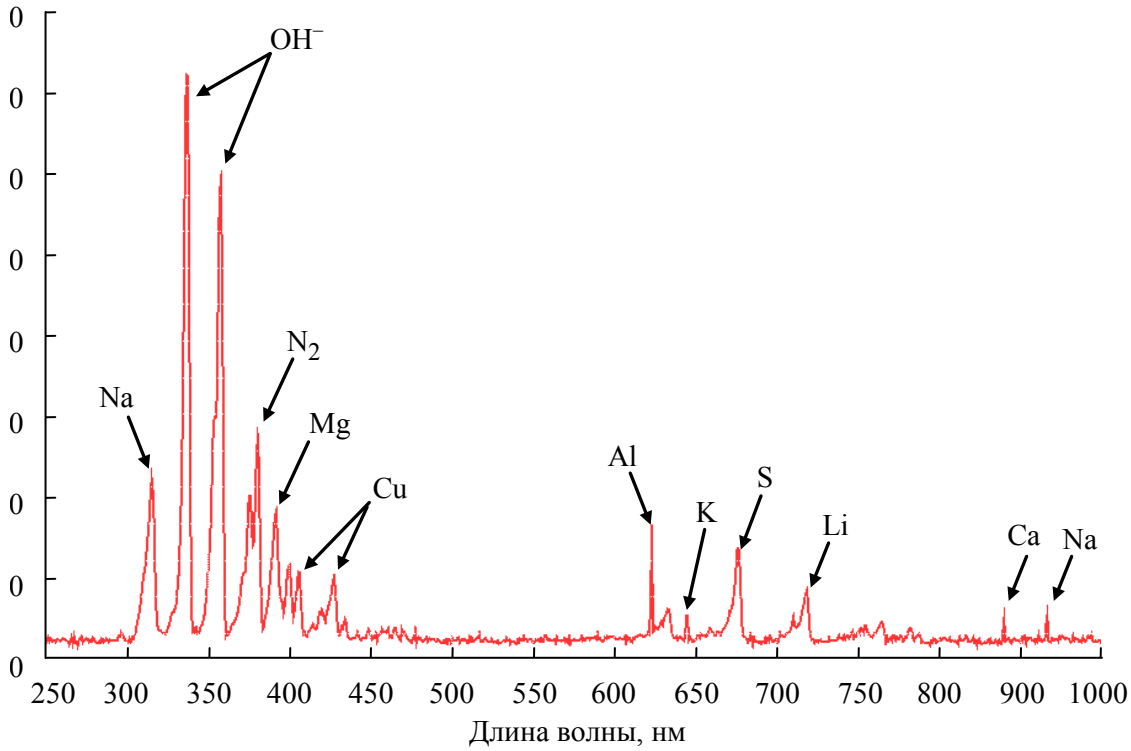


Рис. 2. Спектрограмма излучения плазмы тлеющего разряда в парах воды

Из проведенных экспериментов можно сделать несколько выводов. Во-первых, стабильное горение тлеющего разряда происходит в диапазоне расстояний катод — анод 3… 6 мм. При расстоянии больше, чем 6 мм разряд не зажигается. Оптимальным расстояниемявляется 3 мм, в этом случаеразряд не гаснет при изменении частоты и напряжения — меняется только интенсивность свечения плазмы разряда. Во-вторых, спектрограмма достаточно хорошо отражает химический состав жидкости — были получены спектральные линии лития, меди, калия, серы, алюминия и меди.

Список литературы:

1. Пименова Е.В. Химические методы анализа в мониторинге водных объектов.Пермь: Изд-во ПГСХА. 2011. 138 с.
2. Кириллова Е.А., Маряхина В.С. Методы спектрального анализа. Оренбург: Изд-воОГУ. 2013. 105 с.
3. Use of compact spectrometer for plasma emission qualitative analysis / A. A. Uhovet al // Journal of Physics: Conference Series. 2014. V. 567. P. 012039.

Разработка технологиии вакуумного магнетронного осаждения металлических покрытий на основе двухслойной структуры CU-NI в производстве волноводных ферритовых фазовращателей

Л.В. Белуш

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

Передающие и приемо-передающие пассивные фазированные антенные решетки СВЧ- и КВЧ-диапазонов в настоящее время, как правило, строятся на основе волноводных ферритовых фазовращателей, согласуемых со свободным пространством волноводными или волноводно-электрическими излучателями.

Наибольшее практическое применение в ФАР РТС находят волноводные ферритовые фазовращатели (ВФФВ) на основе эффекта Фарадея, который выполняется, например, на основе продольно намагничиваемого ферритового стержня с круглой или квадратной формой поперечного сечения, с металлизированной боковой поверхностью.

В мировой практике накоплен большой опыт разработки и серийного производства ВФФВ, и интегрированных элементов ФАР, описаны технологические операции, качество и точность выполнения которых существенно влияют на характеристики ВФФВ и элементов ФАР в целом.

В настоящее время закономерен повышенный интерес к радиотехническим системам с ФАР для коротковолновой части миллиметрового диапазона волн. Однако при разработке элементной базы для таких ФАР возникают определенные конструкторско-технологические проблемы. К ним, в том числе, относятся: разброс значений продольных и поперечных размеров деталей при их изготовлении, толщина металлизации и возникновение зазоров при сборке ВФФВ, толщины которых уже не являются пренебрежимо малыми по сравнению с длиной волны. Кроме того, размеры некоторых деталей ВФФВ, таких как толщины корпусов, диаметр проводов обмоток намагничивания и др., выбираются минимально возможными для уменьшения поперечных размеров ВФФВ.

В связи с этим актуальна задача разработки новой элементной базы, в том числе ВФФВ коротковолновой части миллиметрового диапазона

волн и возможности использования современных технологических процессов при их серийном производстве.

Одним из перспективных направлений использования современных технологических процессов в производстве ФАР является замена традиционно используемого метода гальванической металлизации ферритовых элементов методом вакуумно-плазменного (магнетронного) осаждения металлических покрытий. Это позволяет не только отказаться от экологически вредного производства, но и существенно улучшить характеристики ВФФВ, в том числе, за счёт повышения равномерности и уменьшения толщины слоя металлизации.

К основным параметрам технологического цикла, оказывающим влияние на свойства металлических покрытий, относятся: температура образца, ток разряда, скорость перемещения образца в рабочей камере и расстояние мишень-образец. Эти параметры влияют не только на равномерность осаждаемых покрытий, но и на степень окисления металлического покрытия, обусловленного десорбцией кислорода из ферритовой заготовки. Необходимо отметить, что применение вакуумно-плазменных технологий накладывает дополнительные требования к производству ферритовых заготовок, так как пористость структуры заготовки приводит к значительному увеличению СВЧ потерь в ферритовых волноводах.

В результате совместной работы со специалистами ОАО «Завод «Магнетон», была разработана альтернативная технология вакуумной магнетронной металлизации боковых поверхностей ферритовых стержней используемых в ВФФВ, на основе двухслойной структуры медь-никель. Исследование проводится в рамках программы технического переоснащения ОАО «Завод Магнетон».

Исследование МНЕМТ-структур методом фотолюминисценции

О.С.Ваталев, Л.И.Козлович, Д.С.Романовский

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

Одной из наиболее актуальных проблем современной физики является исследования различных типов полупроводниковых квантоворазмерных структур (наноструктур), а также разработка практически реализуемых

устройств на базе этих структур. Основным отличительным свойством наноструктур является возможность перестройки энергетического спектра с помощью ограничения движения носителей заряда в одном или нескольких направлениях. В этой связи важнейшей задачей становится идентификация зонной диаграммы и изучение иных фундаментальных и прикладных свойств подобных структур. Одним из методов, позволяющих приблизиться к решению этой комплексной задачи, является применение методики фотолюминесценции (ФЛ), относительно простой и недорогой метод оптической диагностики свойств материалов, позволяющий получить данные об особенностях энергического спектра структур, вероятности оптических переходов, качестве наноструктур и других важнейших их параметрах.

Установка для исследования спектров ФЛ состоит из источника излучения, источника питания, монохроматора МДР-2, ИК детектора, собирающих линз и синхронного усилителя сигнала. В качестве источника излучения был выбран твердотельный лазер на $Nd:YVO_4$ с диодной накачкой и удвоением частоты ($\lambda = 532$ нм). Линзы используются для фокусировки изначального пучка на поверхность исследуемого образца и выходного излучения фотолюминесценции на вход монохроматора. Полезный сигнал ФЛ является довольно слабым по своей природе и для того, чтобы выделить его на фоне шума, применяется модулятор в сочетании с синхронным усилителем. Оцифрованные данные передаются на компьютер через интерфейс RS-232.

В работе исследованы метаморфные наногетероструктуры, выращенные методом молекулярно-лучевой эпитаксии на подложке GaAs, и содержащие квантовые ямы (КЯ) $In_yAl_{1-y}As/In_xGa_{1-x}As/In_yAl_{1-y}As$ с большой долей InAs ($x > 0.50$), которые используются для изготовления HEMT транзисторов (high electron mobility transistor) с рекордно высокими частотными характеристиками. Они составляют конкуренцию HEMT транзисторам на подложке InP благодаря более дешёвой и менее хрупкой подложке GaAs. Суть метаморфной технологии заключается в выращивании между подложкой и активной областью структуры толстого слоя с изменяющимся в зависимости от толщины составом — метаморфного буфера (МБ), что обеспечивает качественный двумерный рост вышележащей активной области.

Были исследованы спектры фотолюминесценции структур, отличающихся составом МБ. На графиках отчетливо видны максимумы, соответствующие переходам со второй электронной подзоны размерного квантования на первую дырочную подзону. Положение экстремума доминирующего пика в зависимости от образца колеблется от 0,67 до 0,69 эВ при 300 К. Максимумы интенсивности второго пика приходятся на 0,88 и 0,837 эВ соответственно. Полуширина доминирующего пика (без учета длинноволновой особенности) колеблется от 70 до 100 мэВ. Анализ этих данных позволяет сделать выводы о составе и энергетических параметрах активной области, а также о влиянии состава МБ на качество наноструктуры в целом.

В результате исследования выяснилось, что оптимальной конструкцией метаморфного буфера (распределением химического состава по ширине ММБ) является конструкция в которой реализовано постепенное увеличение параметра решетки от подложки к активным слоям путем послойного увеличения мольной доли In в твердом растворе InxAl1-xAs, образующем буфер. Для достижения хорошего результата необходимо наличие сверхрешетки непосредственно после подложки для предотвращения прорастания дефектов из нее, а также наличие слоя с инверсным шагом после ММБ для релаксации остаточных напряжений структуры.

Для более глубокого исследования проблемы получения качественных активных слоев на подложке GaAs необходимо подробнее изучить влияние количества периодов сверхрешеток, входящих в состав ММБ, на концентрацию дефектов в активной области. Также необходимо более детально рассмотреть механизмы рассеяния носителей в канале при комнатной температуре для поиска альтернативных путей повышения подвижности.

Отработка технологии изготовления линий задержки на ниобате лития

Гутман С.А.

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

С середины шестидесятых годов поверхностные акустические волны (ПАВ) широко используются в различных устройствах обработки высокочастотных сигналов для создания датчиков, а также в физических экспе-

риментах. Можно с уверенностью сказать, что интерес к ним растет, а области практического применения расширяются. К наиболее часто используемым в технике устройствам на ПАВ относятся полосовые и режекторные фильтры, дисперсионные и бездисперсионные линии задержки, резонаторы, направленные ответвители, конвольверы, устройства с фазокодовой манипуляцией, датчики и т.д. Трудно назвать область техники, в которой устройства на ПАВ не нашли своей ниши для использования[1].

Целью работы является получение дисперсионных акустических линий задержки (ДАЛЗ) с двумя наклонными отражательными структурами (ОС) на подложке ниобата лития.

Использование в качестве материала подложки ниобата лития обусловлено частью его параметров, таких как высокое значение скорости поверхностной акустической волны (ПАВ), что обеспечивает его применение в акустоэлектронных устройствах (АЭУ) с более высокими значениями рабочих частот. Также ниобат лития обладает высоким показателем коэффициента электромеханической связи (КЭМС), что обеспечивает применение в широкополосных устройствах. Вносимые потери значительно меньше относительно широко используемого кварца. И последней причиной является то, что для выбранной топологии необходимо распространение волны в перпендикулярных направлениях, а в ниобате лития значения скоростей и температурного коэффициента затухания (ТКЗ) в этих направлениях близки. В качестве адгезионного подслоя используется ванадий, выбор ванадия обусловлен достаточно хорошими адгезионными свойствами, относительной легкостью испарения и возможностью одновременного или раздельного травления с алюминием. В качестве материала встречно-штыревых преобразователей был взят алюминий, поскольку он хорошо сочетается с подслоем ванадия и ниобата лития, обладает низким удельным сопротивлением, малым влиянием массовой нагрузки, хорошо освоенной технологией нанесения, стойкостью к воздействиям окружающей среды.

Полученные ДАЛЗ обладают высокой рабочей частотой, широкой полосой частот, низкими показателями потерь и шумов, что позволяет увеличить разрешение по частоте при анализе спектров радиосигналов.

Список литературы:

1. Дмитриев В.Ф. Развитие теории и методов расчета устройств на поверхностных акустических волнах для обработки радиосигналов

Распределение напряженности поля в зависимости от толщины и эллиптичности электродов

Достовалов А. А., Паранин В.Д.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)» Самара, Россия

Научный руководитель: Паранин В. Д. к. ф.-м. н., доцент кафедры

Целью настоящей работы являлся расчет трехмерного распределения напряженности электрического поля вдоль с-оси E_x (x,y,z) при различной эллиптичности торцов и различной толщины электродов.

Моделирование электрического поля осуществлялось численным методом в программе Comsol Multiphysics. В качестве подложки управляемой дифракционной решетки задавался x-срез электрооптического кристалла ниобата лития ($LiNbO_3$) размером 15 x 15 x 1 мм. На поверхности кристалла 15 x 15 мм располагались параллельные электроды длиной L_1 = 8 мм и шириной b = 160 мкм. Зазор между электродами составлял a = 140 мкм, расстояние от торца электрода до контактной площадки L_2 = 500 мкм. С-ось кристалла ориентировалась перпендикулярно управляющим электродам. Относительные диэлектрические проницаемости кристалла составляли $\varepsilon_a = \varepsilon_y = \varepsilon_z = 83$, $\varepsilon_c = \varepsilon_x = 24{,}5$. При расчетах задавались чередующиеся потенциалы электродов U_1 = 1 В, U_2 = 0 В. Были взяты следующие эллиптичности торцов 1:1, 1:1.5, 1:2, 1:2.5, 1:3, 1:3.5, 1:4. Малая ось эллипса 80 мкм. Были взяты толщины электродов 50, 60, 70, 80, 90, 100 мкм при эллиптичности 1:1.

Таблица 1. Результаты расчетов.

E_x, В/м^2	$1.46\cdot10^4$	$1.29\cdot10^4$	$1.18\cdot10^4$	$1.13\cdot10^4$	$0.83\cdot10^4$	$1.2\cdot10^4$	$1.24\cdot10^4$
Эллиптичность	1:1	1:1.5	1:2	1:2.5	1:3	1:3.5	1:4

При увеличении большой оси эллипса, напряженность поля снижается. Напряженность поля при эллиптичности 1:1 составляет $E_x = 1{,}46\cdot10^4$ В/м. А при эллиптичности 1:4 составляет $E_x = 1{,}24\cdot10^4$ В/м.

При уменьшения толщины электродов на 10 мкм, идет увеличение напряженности поля. При толщине электродов 100 мкм напряженность составляла $E_x = 1{,}46\cdot10^4$ В/м, а при толщине 50 мкм $E_x = 1{,}64\cdot10^4$ В/м.

Таблица 2. Результаты расчетов.

h, мкм	50	60	70	80	90	100
E_x, В/м^2	$1{,}64 \cdot 10^4$	$1{,}55 \cdot 10^4$	$1{,}58 \cdot 10^4$	$1{,}56 \cdot 10^4$	$1{,}45 \cdot 10^4$	$1{,}46 \cdot 10^4$

Спектры отражения плёнок оксида вольфрама при электрохромном эффекте

Елисеенко Д.А.

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

Научный руководитель: Комлев А.Е., канд. техн. наук

Электрохромизм — явление обратимого изменения оптических свойств материала под действием электрического поля, в результате которого происходит его окрашивание. Благодаря относительной дешевизне и простоте, данный эффект находит широкое применение в различных областях: от различных устройств отображения информации до использования в авиа и автомобилестроении.

Оксид вольфрама может быть использован в качестве основного слоя в электрохромных устройствах благодаря своей высокой оптической модуляция, быстрому переключению между цветным и обесцвеченным состояниями, стойкостью к воздействию внешней среды, эффекту памяти, а самое главное, простоте осаждения плёнки на большие поверхности. Изменение цвета в пленках напрямую связаны с инжекцией/извлечением электронов и ионов из плёнки.

В работе проводилось исследование изменения коэффициента отражения изготовленных образцов от величины инжектированного в пленку заряда. Образцы для измерений изготавливались методом реактивного магнетронного распыления мишени вольфрама при плотности тока разряда 5 и 8 мА/см^2 и расстоянии мишень и подложка 40 и 65 мм. Осаждение проводилось на поликоровые подложки с заранее нанесённым нижним пленочным электродом из тантала толщиной 300 нм

Окрашивание плёнок производилось с помощью разработанного стенда. В качестве источника протонов использовалась капля жидкости (H_2O или 1М раствор H_2SO_4). Для измерения оптических спектров отражения образцов в видимом диапазоне использовался спектрометр ISM3600.

В ходе эксперимента производилось ступенчатое окрашивание плёнок при различном инжектированном заряде. Установлено для полного окрашивания пленок необходимо инжектировать в них заряд с поверхностной плотностью не более 3 мКл/мм^2. Интегральный коэффициент отражения образцов в диапазоне 420–700 нм плавно увеличивается и выходит в насыщение. Полное окрашивание пленок WO_3, осажденных с меньшей скоростью происходит при меньшем заряде. Обнаруженное различие свойств пленок может быть связано как с увеличением концентрации кислородных вакансий при возрастании скорости осаждения, так и различием их толщины.

Исследование спин-волновой СВЧ-фильтра.

В.В. Качайкин

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

Физические исследования и технические приложения сверхвысокочастотных (СВЧ) спин-волновых явлений в ферромагнитных пленках и пленочных слоистых структурах на основе ферромагнитных пленок привели в 70-х — 80-х гг. XX в. к становлению нового направления СВЧ-микроэлектроники, получившего название спин-волновая электроника [1]. Полосно-пропускающие СВЧ-фильтры (ППФ) на спиновых волнах и являются неотъемлемой частью этого направления. В качестве перестраиваемых ППФ широко применяются фильтры на ферритовых резонаторах железоиттриевого граната (ЖИГ) и фильтры на магнитостатических волнах (МСВ) [2].

Целью работы является исследование спин-волнового полосно-пропускающего СВЧ-фильтра.

В качестве волновода в ППФ использовалась пленка железо-иттриевого граната с толщиной 9мкм. Для того, чтобы в пленки возбуждались поверхностные спиновые волны (ПСВ), ее намагничивали по касательной. В конструкции экспериментального макета не использовались дополнительные элементы, увеличивающие развязку между входом и выходом, поэтому внеполосные потери были не высоки и составляли около 40 дБ. Результаты измерений показали, что в диапазоне магнитных полей от 900 Э и до 1400 Э диапазон перестройки фильтра составлял 4,5-6 ГГц.

В этом диапазоне минимальные вносимые потери составляли 3,5 — 4,5 дБ, а обратные — более 20 дБ. Полоса пропускания (ПП) по измеренному уровню — 3 дБ от уровня минимальных вносимых потерь, составляла 20 — 25 МГц. Крутизна скатов АЧХ вне полосы пропускания варьировалась в интервале 0,7 — 3,5 дБ/МГц. Уровень паразитной полосы пропускания ППФ лежит более чем на 20 дБ ниже уровня минимальных вносимых потерь.

Список литературы:

1. S. A. Manuilov, R. Fors, S. I. Khartsev, and A. M. Grishin, Submicron Y3Fe5O12 Film Magnetostatic Wave Band Pass Filters.
2. J.D.Adam, An MSW tunable bandpass filter, Westinghouse R&D Center Pittsburgh.

Исследование спин-волнового генератора

В.М. Кислицын

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

Генераторы — важные компоненты всех радиотехнических систем. Одним из наиболее важных параметров СВЧ генераторов является уровень фазовых шумов, являющийся мерой стабильности частоты генератора [1]. Использование малошумящих перестраиваемых генераторов позволяет значительно улучшить технические и эксплуатационные характеристики многих радиоэлектронных систем, такие как скорость передачи информации, число каналов связи, точность, чувствительность и пр. Генераторы на основе спин-волновой линии задержки будут иметь следующие достоинства: планарность конструкции, миниатюрность, низкий уровень фазовых шумов, перестройка в широком диапазоне частот и относительно низкая себестоимость. В настоящее время это один из наиболее простых способов построения миниатюрных, малошумящих, перестраиваемых генераторов.

Целью работы является исследование спин-волнового генератора.

Конструкция генератора представляет собой стандартную схему в виде кольца. Его основными компонентами являются спин-волновая линия задержки, электронно-перестраиваемый аттенюатор для управления сигналом, СВЧ-усилитель, направленный ответвитель для вывода сигнала. В качестве линии задержки выступал макет, содержавший возбуждающую и приемную микрополосковые антенны шириной 50 мкм. На антенны

сверху накладывался волновод спиновых волн шириной 2 мм, длиной 2 см и толщиной 10 мкм, изготовленный из пленки ЖИГ с намагниченностью насыщения 1700 Гс. Расстояние между приемной и возбуждающей антеннами составляло 2 мм.

Проводился эксперимент, в котором активное кольцо, содержащее спин-волновую линию задержки, вводилось в режим монохроматической генерации. Макет помещался в постоянное магнитное поле, создаваемое электромагнитом, величиной 3700 ÷ 6400 Э, направленное перпендикулярно поверхности пленки феррита. Такая конфигурация линий задержки обеспечивала задержку на частоте генерируемого сигнала порядка 7 нс. Частота генерируемого сигнала электромагнитом составляла 3.7 ÷ 6.4 ГГц. Измерения проводились в частотном диапазоне, определяемом величиной магнитного поля. Фазовый шум тестируемого макета генератора измерялся на частоте 5,28 ГГц. Экспериментально измеренное значение уровня фазовых шумов составило порядка 90 дБн/Гц при отстройке 10 кГц.

Список литературы:

1. Ченакин А. Фазовые шумы в СВЧ-генераторах // — Элементная база электроники.-2011.-Вып.№4.-С.00110.

Исследование эффектов усиления излучения в структурах на основе коллоидных квантовых точек халькогенидов металлов

А.В. Корнеева, В.А. Герман, К.А. Венедиктов

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

Коллоидные квантовые точки (ККТ) являются одним из наиболее перспективных материалов современной электроники. ККТ имеют широкое практическое применение. В частности, они применяются в оптоэлектронике для создания таких приборов, как светодиоды, лазеры, фоточувствительные элементы и т.д. Особенностью ККТ является то, что существует возможность варьировать эффективную ширину запрещенной зоны при изменении размера частиц. Вследствие этого изменяются длина волны люминесценции и диапазон поглощения. ККТ могут существовать в виде золей, растворов или осажденных на подложку тонкопленочных покрытий.

В лазерах основной рабочей характеристикой является длина волны излучения. Важным преимуществом использования ККТ для создания усилительных и лазерных сред является возможность перестройки такой длины волны. Для этого в приборе должен быть использован специализированный резонатор, например, на основе дифракционной решетки или призмы. При этом диапазон перестройки длины волны ограничен пределами контура спектральной линии люминесценции. Использование ККТ в качестве лазерной среды имеет и некоторые недостатки, которые должны быть исправлены в процессе создания лазера. К таким проблемам относится сильное влияние переходов с участием поверхностных состояний и процессов Оже-рекомбинации. В связи с этим требуется высокая интенсивность накачки.

На сегодняшний день ККТ могут быть применены для создания как собственно лазеров, так и наноусилителей когерентного электромагнитного излучения. Такие усилители могут быть использованы для получения мощных когерентных полей электромагнитного излучения, а также для усиления слабых оптических сигналов с целью их дальнейшего детектирования и преобразования.Типичный наноусилитель излучения включает в себя полупроводниковое или диэлектрическое основание, активный слой, в котором возможна инверсная населенность энергетических уровней, и электропроводящий слой. Недостатками подобного усилителя обычно являются его малый коэффициент усиления и насыщение усиления при сравнительно больших мощностях усиливаемого поля электромагнитного излучения.

С целью устранения этих недостатков разрабатывается наноусилитель электромагнитного излучения, который имеет ту же структуру, но активный слой представляет из себя матрицу-носитель, в который помещаются коллоидные квантовые точки различного размера и состава. Это позволяет не только увеличить коэффициент усиления за счет использования квантово-размерных эффектов в частицах, но получить расширенный диапазон перестройки рабочей длины волны.

Для исследования усиления в структурах на основе ККТ была создана следующая установка. В качестве источника накачки используется мощный твердотельный лазер на основе иттрий-алюминиевого граната, легированного неодимом, с генерацией второй гармоники на длине волны 532 нм, или более коротковолновые источники излучения. Луч лазера

накачки проходит сквозь диафрагму и раскладывается с помощью цилиндрической линзы в тонкую линию. Излучение направляется на пористую или плоскостную подложку, на которую осаждены ККТ заданного состава. Поверхность подложки располагается перпендикулярно направлению накачки, что улучшает взаимодействие излучения с активной средой. Усиление наблюдается по всей длине освещенной пленки, которая выступает в качестве оптического волновода. Использование внешнего резонатора позволит превратить созданный усилитель в генератор, в том числе позволяющий осуществлять перестройку рабочей длины волны. Подбор состава смеси ККТ позволило реализовать спектр люминесценции, охватывающий весь видимый диапазон спектра. На спектре излучения наноусилителя наблюдаются узкие пики усиленного излучения, положение которых внутри спектра люминесценции определяется параметрами резонатора.

Список литературы:

1. V.I. Klimov. Nanocrystal Quantum Dots From fundamental photophysics to multicolor lasing. (2003), Los Alamos Science, Num.28.

Исследование параметрического возбуждения хаотических сигналов в магнитных пленках

А. В. Корюкин

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

В последнее время актуальным направлением в современной электронике является спин-волновая электроника. Большие перспективы использования имеют пленки изготовленные из ферритов, в частности монокристаллические пленки железо-итриевого граната (ЖИГ). В таких пленках возникает ряд нелинейных явлений при наличии какого-либо одного, например, однородного типа колебаний намагниченности. Одним из интересных эффектов является параметрическое возбуждение одних типов колебаний или волн под воздействием других [1].

Целью данной работы будет исследование параметрического возбуждения хаотических спин-волновых импульсов в магнитных пленках.

В силу нелинейности уравнения движения плотности магнитного момента однородные колебания связаны с неоднородными колебаниями, и поэтому однородное переменное магнитное поле может возбуждать как

однородные, так и неоднородные колебания плотности магнитного момента. Это возбуждение носит характер параметрического резонанса и может быть названо параметрическим возбуждением спиновых волн.

В ходе исследования в качестве активного элемента использовалась пленка ЖИГ, которая была эпитаксиально выращена на подложке галлий-гадолиниевого граната (ГГГ). Для возбуждения и приема электромагнитно-спиновых волн использовались микрополосковые антенны. Пленка намагничивалась по касательной постоянным магнитным полем 1300 Э.

Экспериментальное исследование проводилось в несколько этапов. На первом этапе измерялись частотные зависимости коэффициентов передачи спиновых волн в пленке, и определялся частотный диапазон, в котором возбуждались спиновые волны в линейном режиме. Затем, на втором этапе исследовалось возбуждение спиновых волн того же диапазона импульсным СВЧ-сигналом удвоенной частоты. В результате такого возбуждения формируются СВЧ-импульсы, фаза которых случайным образом меняется на 180 градусов.

Список литературы:

1. Ахиезер А.И., Барьяхтар В.Г., Пелетминский С.В. Спиновые волны. Москва, 1967. — 368 стр.

Исследование спектров испускания газового разряда при реактивном магнетронном распылении ванадиевой мишени

К.В. Кочунов

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

Оксиды переходных металлов (ОПМ) и фазы внедрения (бронзы, гидраты, легированные соединения) на их основе обладают уникальными физико-химическими свойствами, которые определяются особенностями кристаллической и электронной структур этих соединений. Для большинства ОПМ характерны такие как фазовые переходы металл-изолятор и эффекты переключения.

В диоксиде ванадия фазовый переход полупроводник–металл при температуре около 68ºС был обнаружен в 1959 году. При этом переходе структура из моноклинной превращается в тетрагональную, высвобождаются ранее спаренные электроны и происходят резкие обратимые измене-

ния свойств вещества, прежде всего электрофизических и оптических характеристик. После нескольких переходов из-за изменений в структуре монокристалл разрушается, в то время как пленка выдерживает до 108 циклов. Поэтому оптимизация методов получения тонких плёнок диоксида ванадия представляет значительный научный и практический интерес, в том числе и с точки зрения возможности применения подобных структур в устройствах электроники.

Одной из наиболее перспективных технологий получений плёнок оксида ванадия является метод магнетронного распыления. Изменяя такие параметры технологического цикла, как температура подложки, ток разряда и массовый расход кислорода можно изменять физико-химические свойства тонкоплёночных структур.

Данная работа посвящена исследованию спектров испускания газового разряда магнетронного источника с ванадиевой мишенью, работающего на постоянном токе, с помощью метода оптической эмиссионной спектроскопии (ОЭС) при работе источника в инертной и реактивных средах.

Эксперименты проводились на модернизированной установке вакуумного магнетронного распыления УВН-71М. Остаточное давление не превышало 0,01 мТорр. Установка оснащена магнетроном с мишенью диаметром 130 мм, работающем на постоянном токе в диапазоне 0,5…3,5 А. Для выполнения ОЭС использован спектрометр ISM3600, имеющий базу данных по спектральным линиям элементов Периодической системы.

Результаты эксперимента показали, что мишень при распылении в газовой среде $Ar+O_2$ в зависимости от двух основных параметров (плотность тока на мишени и поток кислорода, вводимого в вакуумную камеру) может находиться в двух стационарных состояниях: металлическом и оксидном. Изменения этих параметров дают возможность определить условия формирования оксидной пленки на подложке.

Спектр испускания разряда в среде аргона состоит из множества групп линий, в то время как в среде кислорода в том же диапазоне длин волн наблюдаются две линии одноатомного кислорода.

Для идентификации частиц и изучения изменения их концентраций наиболее удобны атомарные спектры, представляющие собой отдельные линии возбужденного нейтрального атома кислорода. Было установлено следующее: в оксидном режиме в потоке распыленного вещества отсут-

ствуют атомы ванадия, кроме того наблюдается значительное снижение интенсивности линий возбужденного нейтрального атома аргона, вызванное по всей видимости перехватом процесса ионизации на кислород.

Выполненные экспериментальные исследования по распылению ванадиевой мишени в реактивной газовой среде показали, что ОЭС позволяет детально изучать процесс реактивного распыления и определять режимы осаждения. Кроме того, с помощью ОЭС по состоянию поверхности мишени возможен эффективный контроль самого процесса осаждения пленки. В этом случае для контроля процесса осаждения пленок VO_x используются следующие линии атомов и реактивного газа: ArI (λ = 811.5 нм), ArII (λ = 457.9 нм); OI (λ = 777.1 нм); VI (λ = 437.9 нм). Линии ArI и OI пригодны для ОЭС осаждения пленок любых оксидов.

Исследование наведенного нелинейного фазового сдвига спиновых волн в ферромагнитных пленках

Н.А.Кузнецов, А.Б.Устинов

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

Линейные и нелинейные эффекты, возникающие при распространении СВЧ спиновых волн в тонких ферромагнитных пленках, представляют интерес, как с фундаментальных, так и с прикладных позиций. Многообразие нелинейных эффектов позволило создать такие спин-волновые СВЧ приборы, как шумоподавители, конвольверы, нелинейные интерферометры [1].

Целью данной работы является исследование наведенного нелинейного фазового сдвига спиновых волн в ферромагнитных пленках.

Исследование проводилось на экспериментальном макете типа линии задержки, на который подавались сигналы разной частоты и разной мощности. Для фильтрации сигнала рабочей частоты использовался полосно-пропускающий СВЧ фильтр, убирающий паразитные гармоники, появляющиеся в результате развития индуцированной модуляционной неустойчивости.

Как известно, при увеличении мощности спиновых волн возникает нелинейный сдвиг их волновых чисел. Зависимость волнового числа спиновой волны от её мощности приводит к тому, что фаза рабочего СВЧ сиг-

нала на выходе макета зависит от мощности второго СВЧ сигнала другой частоты.

Экспериментальный макет был изготовлен на основе пленки железо-иттриевого граната толщиной 5.7 мкм. Плёнка имела намагниченность насыщения $4\pi Ms = 1750$ Гс. Для возбуждения и приема спиновых волн использовались микрополосковые антенны длиной 3 мм, имеющие ширину 50 мкм, нанесенные на подложку из поликора толщиной 0.5 мм. Расстояние между антеннами составляло 5 мм. Антенны питались от проводящих микрополосковых линий передачи, имеющих волновое сопротивление 50 Ом.

Список литературы:

1. Устинов А.Б., Калиникос Б.А.// письма в ЖТФ, 2001, том 27, вып. 10, стр. 20.

Нелинейный сегнетоэлектрический конденсатор для устройств обработки СВЧ сигналов

В.В. Кучерук, Н.В. Лебедев

Санкт-петербургский Национальный Исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

Научный руководитель: Пахомов О.В.

На сегодняшний день такие интенсивно развивающиеся области, как радиолокация, радионавигация, телекоммуникационные системы, предъявляют повышенные требования к параметрам СВЧ устройств. В современной электронике важен очень высокий показатель надежности и устойчивости всей системы в целом при воздействии различных внешних и внутренних факторов. Главным критерием работы аппаратуры в неблагоприятной среде является помехоустойчивость и помехозащищенность. Одним из немаловажных элементов электронных приборов является устройство защиты от входных сигналов, превышающих заданный уровень, который в свою очередь может вывести электронный блок или модуль из строя. Для предупреждения подобных случаев в состав радиоэлектронного изделия включают электронный блок защиты, основанный на принципе ограничения мощности *pin-диодов*.

В настоящей работе представлен принципиально новый метод защиты электронных модулей с использованием нелинейных свойств сегнетоэлектрического конденсатора. При расчете и проектировании управляющих

СВЧ устройств решающую роль играет зависимость диэлектрической проницаемости материала или емкости конденсатора на его основе от приложенного напряжения. В ходе реализации нашей идеи будет составлена простая поведенческая модель при помощи средств систем автоматизированного проектирования. Основные задачи данной работы:

- описание зависимости C(U) математическим уравнением на основе экспериментальных данных
- проектирование поведенческой модели сегентоэлектрического конденсатора
- подтвердить гипотезу эффекта ограничения мощности за счет нелинейной характеристики сегнетоэлектрического конденсатора

Для точного воспроизведения модели было проведено измерение образца и, используя экспериментальные данные, произведен частотный и временной анализ. Расчет и анализ полученных электрических характеристик показал, что при подаче определенного уровня мощности мы можем видеть падение напряжения ΔU на обкладках сегнетоэлектрического конденсатора, данное значение ΔU зависит от уровня входной мощности задающего генератора и позволяет управлять нелинейной структурой. Таким образом, использование модели сегнетоэлектрического конденсатора в качестве ограничителя мощности в волноведущих трактах имеет достаточную перспективу для применения и внедрения в СВЧ приёмопередающие системы.

Исследование электрических характеристик полупроводниковых источников на гетероструктурах после форсированных испытаний

Малаева Е. А.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), г. Томск

Научный руководитель: Смирнов С.В., д. т. н.

Важной особенностью полупроводниковых источников света является то, что, в отличие от традиционных ламп, через 50 — 100 тысяч часов не выходят из строя. Наблюдается лишь постепенное снижение их светового потока.

Для оценки происходящих при этом процессов деградации используется анализ вольт-фарадных и вольт-амперных характеристик, что и является основной задачей данной работы. На наш взгляд эти параметры более чувствительны к деградации.

Приведены результаты исследования электрических характеристик светодиодов на гетероструктурах при форсированных испытаниях, при длительной подаче тока. На основе анализа вольт-фарадных характеристик установлены изменения параметров, которые наблюдаются при токе 120 мА и времени 2 часа. На основе анализа вольт-амперных характеристик и вольт-фарадных характеристик установлены изменения параметров, которые наблюдаются на участке в диапазоне от 15В до 30В. Определили энергию активации в процессе деградации с помощью уравнения Аррениуса. Энергия активации равна: Ea (75°) = 1.56 эВ, Ea (100°) = 1.63 эВ, Ea (130°) = 1.23 эВ. При длительном воздействии тока на светодиоде происходит деградация и старение, что сказывается на обратной ВФХ. Данная методика может быть рекомендована для выявления деградации и старения светодиодов. Чем больше ток, тем быстрее протекает процесс деградации, тем сильнее изменяется обратная ВФХ. В результате испытаний при повышенном токе происходят физико-химические изменения. ВАХ и ВФХ проявляют чувствительность к деградации полупроводниковых источников света при форсированных испытаниях и могут быть рекомендованы к использованию для оценки качества изделий.

Радиофотонный генератор хаотического СВЧ-сигнала на ЖИГ

К.К.Метелкина

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

В настоящее время стали актуальными исследования в междисциплинарных направлениях, которые позволяют сочетать преимущества различных технологий [1]. Одним из таких направлений является радиофотоника, объединяющая в себе оптоэлектронные и СВЧ микроэлектронные технологии. Радиофотонные генераторы являются одним из наиболее перспективных способов генерации сверхвысокочастотных сигналов, т.к. позволяют получить низкий уровень фазового шума [2].

Целью работы является исследование радиофотонного генератора хаотического СВЧ-сигнала, использующего пленку железо-иттриевого граната (ЖИГ).

Радиофотонный СВЧ генератор был сконструирован по кольцевой схеме, которая состояла из радиочастотного и оптического трактов. Оптический тракт генератора состоял из лазерного модуля, электрооптического модулятора излучения, оптоволоконного кабеля и фотодетектора. Радиочастотный тракт представлял собой СВЧ-усилитель и спин-волновой СВЧ-фильтр на пленке ЖИГ.

Рассмотрим принцип работы генератора. Лазерный диод излучает непрерывное оптическое излучение, которое выполняет роль несущего сигнала. Электрооптический модулятор модулирует амплитуду оптического излучения СВЧ-сигналам, поступающим из радиочастотного тракта. Затем модулированное оптическое излучение распространяется по оптоволоконному кабелю и детектируется фотодетектором. Сигнал на выходе фотодетектора является СВЧ-сигналом. Он усиливается с помощью СВЧ-усилителя, компенсирующего суммарные потери на распространение СВЧ-сигнала в кольце, фильтруется полосно-пропускающим спин-волновым фильтром и подается на электрооптический модулятор, замыкая кольцевую схему.

В описанном генераторе частотная полоса хаотической генерации определятся полосой пропускания СВЧ-фильтра на пленке ЖИГ. Переход от стационарной генерации к хаотической обеспечивается за счет электрооптического модулятора, который является нелинейным элементом генератора. Косинусоидальная передаточная функция модулятора обуславливает нелинейность преобразования электрического СВЧ-сигнала в волну огибающей оптического сигнала.

Из проведенного исследования следует, что изученный радиофотонный генератор СВЧ динамического хаоса обладает конкурентоспособными характеристиками по сравнению с существующими аналогами. Выбирая ширину полосы пропускания СВЧ-фильтра, легко контролировать частотный диапазон как хаотической, так и шумовой генерации. Кроме того, управляя коэффициентом усиления кольца, можно изменять характеристики генерации.

Список литературы:

1. Белкин М.Е., Сигов А.С. // Радиотехника и электроника. 2009. Т. 54. В. 8. С. 901-914.
2. Устинов А.Б., Никитин А.А., Калиникос Б.А. // ЖТФ. 2015. Т. 85. Вып. 9. С. 136-140.

Газодинамическая модель тлеющего разряда магнетрона

Е.О.Милицына, А.С.Бондаренко, А.А.Морозова

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

Магнетронные источники широко используют для осаждения пленок и травления. Ключевой особенностью этих источников является присутствие магнитного поля. При таких условиях ионизационные процессы, формирующие разряд, локализуются вблизи мишени. В результате повышаются плотность электронов и частота актов ионизации атомов рабочего газа. Цель данной работы состоит в построении физической модели разряда с учетом температуры мишени. Для аналитического описания модели использованы уравнения газодинамики [1].

Физическую модель представим в упрощенной геометрии. Область разряда между мишенью и анодом разделим на две части. Первая из них имеет толщину d и примыкает к мишени (рис. 1). В ней происходят ионизация и формирование тока разряда $j \neq f(x) = \text{const}$, который состоит из двух компонентов:

$$j = j_e(x_1) + j_i(x_1) = \text{const} \qquad 1)$$

где $j_e(x_1)$ и $j_i(x_1)$ — плотности тока электронов и ионов, соответственно. На рис. 1 магнитное поле (изображено кружком с точкой) ортогонально электрическому, которое параллельно оси x_1. Можно допустить, что в этой области под воздействием электрического и магнитного полей движутся две «жидкости»: электронная и ионная. Все физические величины, характеризующие их (плотности токов и концентрации заряженных частиц) изменяются только в направлении x_1. Вторая область при $x > d$ содержит плазму, которая служит только проводни-

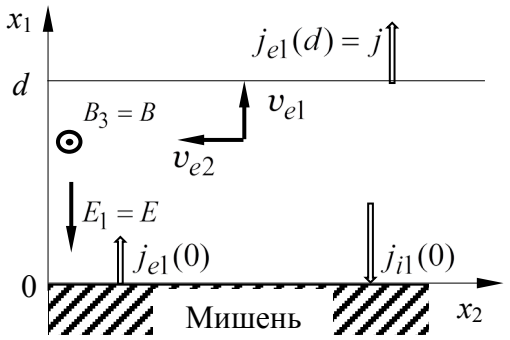


Рис. 1. Физическая модель

ком электронов, движущихся к аноду, и не представляет интереса для процесса магнетронного распыления.

Транспорт неравновесных зарядов с плотностью $\rho(x_1)$ в электрическом поле $E(x_1)$ описывают: уравнение Пуассона:

$$\varepsilon_0 \frac{\partial E(x_1)}{\partial x_1} = -\rho(x_1) \qquad 2)$$

и уравнение полного тока, которое в пренебрежение током проводимости и диффузионной компонентой, для электронной и ионной составляющих в (1) запишем в виде

$$j_i(x) = en_i(x_1)\mu_i E(x_1); \qquad 3)$$

$$j_e(x) = -en_e(x_1)\mu_{eB} E(x_1), \qquad 4)$$

где e — заряд электрона; $n_e(x_1)$, $n_i(x_1)$, μ_{eB} и μ_i– плотности и подвижности электронов и ионов, соответственно. Причем подвижность электронов μ_{eB} зависит от индукции магнитного поля B.

Уравнение непрерывности для электронной «жидкости» в этой задаче запишем в виде

$$\frac{dj_e(x)}{dx} = \alpha_B j_e(x) \qquad 5)$$

где α_B — таунсендовский коэффициент ионизации, зависящий от B.

Подставим, (3), (4) в (2) и с учетом (1) получим:

$$\frac{dE(x)}{dx} = \frac{1}{\varepsilon_0 \mu_i E(x_1)}\left[j - \left(1 + \frac{\mu_i}{\mu_{eB}}\right) j_e(x_1) \right] \qquad 6)$$

Уравнения (5) и (6) являются основными дифференциальными уравнениями первого порядка, описывающие изменение плотности электронного тока и поля вблизи мишени, которые необходимо интегрировать в интервале [0, d] при граничных условиях $E(x)|_{x=0} = 0$ и

$$j_e(x)|_{x=0} = j_T + \gamma j_i(x)|_{x=0} = j_T + \frac{\gamma}{1+\gamma} j$$

где j_T — плотность тока термоэлектронов. Решение системы (5) и (6) следует проводить итерационным методом. После этого можно получить распределения $E(x_k)$, $j_e(x_k)$, $j_i(x_k)$, $n_e(x_k)$ и $n_i(x_k)$, решая уравнения (5) и (6) в n точках $x_1, x_2, \ldots, x_k, \ldots, x_n$.

Исследование проводится при поддержке РНФ (грант 15-19-00076).

Список литературы:

1. Ландау Л.Д. Теоретическая физика: учеб. пособие: В 10 т. Т. VI: Гидродинамика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. М.: Наука, 1988. — 736 С.

Технология осаждения и свойства плёнок оксида тантала, полученных методом реактивного магнетронного распыления

Ю.В. Мокерова

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

В последнее время в мире значительно вырос интерес к исследованию пленок оксидов переходных металлов с целью поиска перспективных материалов для микроэлектроники и наноэлектроники, устройств медицинского назначения и т. д.

Среди оксидов переходных металлов интерес представляет оксид тантала (Ta_2O_5). Электрофизические свойства пленок оксида тантала ($\varepsilon \sim 25–30$, низкие токи утечки и пр.) позволяют считать этот материал перспективным для применения в электронике.

Спектр технологий осаждения пленок Ta_2O_5 чрезвычайно широк. Однако наиболее стабильные электрофизические свойства пленок достигаются применением магнетронного распыления.

Данная работа посвящена изучению оптических и электрофизических свойств пленок оксида тантала, осажденых методом реактивного магнетронного распыления металлической мишени в кислородосодержащей среде на постоянном токе.

Пленки Ta_2O_{5-x} были осаждены на кварцевое стекло (SiO_2) реактивным магнетронным распылением танталовой мишени в среде $Ar + O_2$. Плотность тока на мишени составляла 6 мА/см^2. Давление аргона поддерживалось на уровне 3 мТорр. Исследовалось влияние расхода кислорода (Q_0) на скорость роста и свойства плёнок оксида тантала. Расход кислорода изменялся в диапазоне от 0,75 до 2,5 см^3/мин.

Оценка химического состава и кристаллической структуры пленки в каждом образце выполнялась по косвенным признакам, полученным при анализе оптических спектров пропускания и отражения в видимом диапазоне длин волн и ближнем УФ диапазоне.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что увеличение значения Q_0 приводит к снижению концентрации точечных дефектов по кислороду в пленке, уменьшая значение x в формуле Ta_2O_{5-x}. Однако неконтролируемое увеличение Q_0 может привести к срыву работы магнетрона в режим катодного разряда.

Проведенное исследование позволяет утверждать, что даже незначительное изменение расхода кислорода при реактивном магнетронном распылении танталовой мишени способно оказать серьезное влияние на химический состав растущих пленок и их свойства.

Сенсор водорода на основе МОП структуры Pd — окисел — InP

Ю.П.Яковлев[1], Е.А.Гребенщикова[1], А.Н.Именков[1],В.А.Шутаев [1], А.М.Оспенников[2].

[1] Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе
[2]Акционерное общество «Российский институт радионавигации и времени»

В последние годы внимание мирового научного сообщества обращено к поискам альтернативных источников энергии и, прежде всего, к развитию водородной энергетики.

Важность этой проблемно была отмечена в 2006 г. в столетнем меморандуме, обращенном к главам ведущих держав и подписанном ведущими учеными и специалистами в области водородной энергетики [1]. В этом плане важным представляется разработка кислородно-водородных двигателей для мощных и сверхмощных ракет, а также разработка водородных двигателей для автомобилей, проблема транспортировки и хранения водорода, а также создание различных типов сенсоров водорода, способных регистрировать как утечки водорода, так и обеспечить безопасность окружающей среды. Особое внимание уделяется детектированию взрывоопасных концентраций водорода (4,7 %).

В настоящее время существуют и разрабатываются сенсоры водорода на основе различных физических принципов.

В данной работе будет рассмотрена реализация нового типа малогабаритного сенсора водорода, включающая оптопару: светодиодный ИК-излучатель и диод Шоттки с палладиевым слоем на основе InP.

В основе новой концепции лежит использование сильной зависимости фотоэдс диода Шоттки с Pd слоем от концентрации водорода. Оказалось, что для таких диодов имеется общая закономерность: в газовой смеси с водородом изменение фотоэдс при облучении структур инфракрасным светом на порядок сильнее, чем изменение электрических характеристик диодов Шоттки с Pd-слоем без освещения.

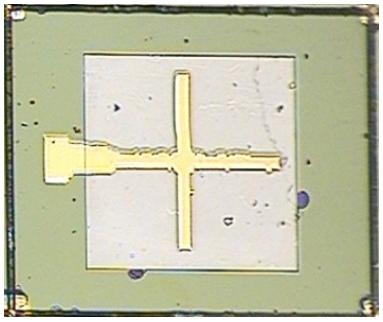


Рис.1. Фото чипа сенсорного элемента.

На основании многочисленных экспериментов было принято решение изготовить диоды Шоттки Pd-n-InP. Исследование I-U-характеристик таких диодов показало, что диодные характеристики имели диоды, изготовленные на подложках только с низкой концентрацией носителей (10^{16}) с напряжением отсечки около 0.1В. Такое низкое напряжение отсечки диодов резко ограничивало возможность создания сенсоров водорода в широком температурном диапазоне (-50 — +50 С). Необходимо было использовать более широкозонные полупроводники и с большей разницей работы выхода полупроводника и палладия. Выход был найден на пути выращивания оксидного слоя (In_2O_3 — In_2O_5 — InP) на поверхности n-InP, с последующим напылением Pd- слоя на поверхность оксидного слоя. На рис.1 представлена фотография чипа сенсорного элемента с золотым контактом (крест), напыленным на палладиевый слой (квадрат в центре чипа).

Были исследованы электрические и фотоэлектрические свойства диодов Шоттки на основе Pd-оксид-InP. Исследования проводились как без водорода, так и в присутствии водорода (анализировались смеси с концентрацией водорода 1%). Исследовались вольтамперные характеристики в широком интервале температур.

Для создания сенсора водорода использовалась оптопара — диод Шоттки и светодиод с длиной волны излучения 0.9 мкм. При этом диод освещался со стороны палладиевого слоя. Было исследовано быстродействие диода Шоттки на основе Pd/оксид-InP, работающего в качестве дат-

чика водорода. Установлено, что время нарастания сигнала до уровня 0,9 составило 2 - 5 сек, время спада сигнала до уровня 0.1 составило 60-80 сек.

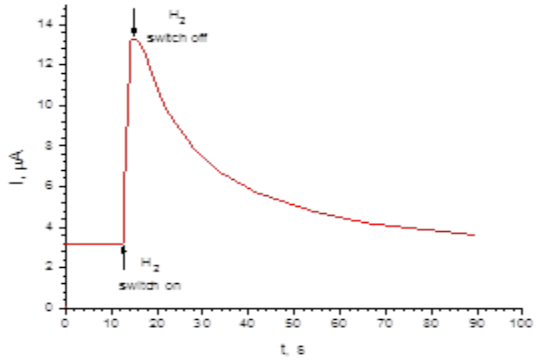


Рис.2. Быстродействие сенсора водород.

В данной работе мы демонстрируем создание и исследование компактного сенсора водорода с порогом чувствительности не хуже 0,01% и быстродействием (2—5 сек) при комнатной температуре, и низким энергопотреблением. Рис. 2.

Список литературы:

1. Столетний меморандум, 13 ноября 2006, Альтернативная энергетика и экология ISJAE? 2007, №3 (47), с.11.

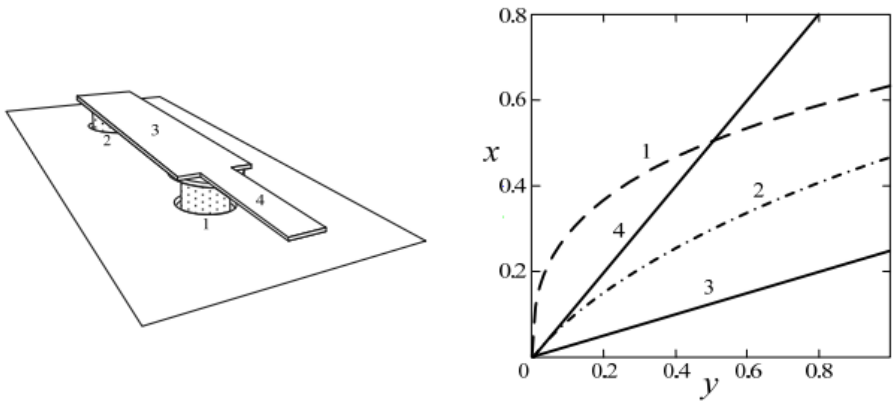
Исследования нелинейных процессов в интегральные схемы СВЧ

О.В. Примакова, П.Ю. Волощенко, Л.Д. Астахов

ЮФУ, Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения

Известно, что интегральные схемы (ИС) СВЧ, содержащие негатроны — лавинно-пролетные и резонансно-туннельные диоды (ЛПД и РТД), могут рассматриваться как материальная среда, осуществляющая превращение энергии электромагнитного (ЭМ) поля. В этом случае совокупность электронных приборов (ЭП), характеризуется диэлектрической и магнитной проницаемостью, скоростью распространения фронта волн и подвижностью свободных носителей заряда, зависящих от интенсивности сигналов. Поэтому конструктивный синтез гига- и терагерцовых (ГГц и ТГц) ИС необходимо осуществить на основе междисциплинарного подхода, учитывающего особенности традиционного моделирования микроволновых про-

цессов.В них невозможно применение статических методов расчета КПД, базирующихся на принципе суперпозиции, априорных концепциях дискретности энергетического состояния и неразличимости, взаимодействующих ЭП, образующих композиционный материал микро- и наноэлектроники. Тогда первоначальное исследование ИС сводится к составлению и решению семейства уравнений ее электрического равновесия и устойчивости многомодовых режимов методами комплексных амплитуд, эквивалентных синусоид, двух узлов, колебательных характеристик и гармонической линеаризации параметров ПП[1,2]. В качестве неизвестных величин макромодели интеграции ЭП фигурируют постоянное и переменное напряжение и ток резистивнонегатронных нелинейных элементов (НЭ), замещающих коррелировано работающие ЭП. На рис. 1, а условно изображена конструкция базового элемента «мощной» ИС в виде пары корпусных ЛПД (1,2) трехсантиметрового диапазона, расположенных на ее «виртуальных» границах по технологии когерентной электроники. Они соединены отрезками полосковых линий 3, 4 друг с другом и нагрузкой, источником колебательной энергии и питания постоянным током. Для исследования композиции однотоновых сигналов в ИС СВЧ воспользуемся графическими и аналитическими операторами ее корректно полученной макромодели [1,2]. На рис. 1б приведены зависимости $x = f(y)$, описывающие связь квадратов амплитуд x, y напряжения на концах полосковой линии 3. Они иллюстрируют механизм суммирования волн в ней для значений мало сигнальной нормированной проводимости НЭ ЛПД 2 (рис. 1а): графики$1 - g_{e02} = 2, 2 - g_{e02} = 1, 3 - g_{e02} = 0$ негатрона и шунтирующей его фиксированной нагрузке $g_{\text{н}2} = 2$. В этом случае функция $y = x[g_2^2(x)]$. Поэтому в области возмущений $y \to 0$ реализуется неравенство $x > y$ и режим «большого» сигнала нелинейной цепи, т.к. величина $g_2^2 \approx (g_{\text{н}2} - g_{\text{e}02})^2$. С другой стороны, при $y \to 1$ проводимость $g_2^2 \to g_{\text{н}2}^2$, а переменная $x < y$ что соответствует режиму «малого» сигнала НЭ в волновом масштабе. (Тестовый график 4 на рис.1,б характеризует равенство $x = y$). В случае компенсации негатроном резистивных «полезных» терь $g_{\text{н}2} - g_{\text{e}02} = 0$, трансформация нелинейных параметров ЛПД 2 иллюстрируется формулами: $g_2(U_2^2) = \sqrt[3]{g_{\text{e}02}\, y} = \sqrt[3]{g_{\text{н}2}\, y}$



а) б)

Рис. 1. Базовый элемент «мощной» ИС в виде пары корпусных ЛПД а) — условное изображение конструкции, б) — зависимость квадратов амплитуд напряжения на концах полосковой линии 3.

Таким образом, положение минимума и максимума потенциала электрического поля СВЧ в элементе ИС зависит от интенсивности его возмущения и явления интерференции вдоль межсоединений.

Список литературы:

1. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Методология математического моделирования нелинейных волновых и колебательных электрических процессов в изделиях когерентной радио-, микро- и наноэлектроники. Таганрог. Изд-во ЮФУ, 2013. — 110 с.

Осаждение пленок оксидов с помощью магнетронного распыления «горячей» мишени

В.П.Ратаев, И.Л.Мыльников, А.А.Комлев

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

В последние годы активно исследуют процессы осаждения оксидных пленок методами высокомощного реактивного магнетронного распыления металлической мишени в кислородосодержащей газовой среде [1].

При реактивном распылении наблюдаются несколько нелинейных эффектов. При высокомощном распылении процесс дополнительно оказываются под влиянием температуры поверхности мишени, которая может быть доведена до температуры плавления. Для изучения процесса реактивного распыления при низкой мощности («холодная» мишень) разработано множество физические моделей. В данной работе предлагается физико-химическая модель реактивного распыления «горячей» мишени.

Модель основана на следующих допущениях:

1) любое стационарное состояние процесса обеспечивается неизотермическими условиями: подложка и стенка вакуумной камеры имеют заданные температуры T_s и T_w. Температура мишени $T_t(j_i)$ зависит от плотности ионного тока j_i. Площади указанных поверхностей равны A_t, A_s и A_w;

2) на всех поверхностях в результате поверхностной химической реакции возникает соединение M_mO_n

$$M + \frac{n}{2m}O_2 \overset{k(T)}{\leftrightarrow} \frac{1}{m}M_mO_n, \qquad 1)$$

где $k(T)$ — константа скорости химической реакции по Аррениусу;

3) на каждой поверхности происходит потребление кислорода, которое зададим в виде потоков Q_t, Q_s и Q_w;

4) на поверхности мишени конкурируют два процесса: формирование тонкого слоя соединения M_mO_n и его эмиссия. Атомы M и молекулы M_mO_n, эмитированные поверхностью, создают соответствующие слои на подложке и стенке камеры;

5) поверхность мишени распыляется (sputtering) ионами аргона и испаряется (evaporation) в соответствие с законом Герца-Кнудсена. Температура мишени зависит от плотности ионного тока, поэтому потоки металла $F_{1t}(j_i) = F_{1sp}(j_i) + F_{1ev}[T_t(j_i)]$ и оксида $F_{2t}(j_i) = F_{2sp}(j_i) + F_{2ev}[T_t(j_i)]$ с поверхности мишени зависят от плотности ионного тока.

В результате получена система из восьми алгебраических уравнений, описывающих стационарное состояние процесса:

1) равновесие на поверхностях:

мишени

$$F_{ch}[T_t(j_i)] + F_{2t}(j_i) = 0; \qquad 2)$$

подложки и стенки

$$F_{ch}(T_j) + F_{2j}(j_i) - F_{1j}(j_i) = 0, \quad j = s, w; \qquad 3)$$

2) поток O_2 на каждой поверхности:

$$Q_j = \frac{n}{2}F_{ch}(T_j)A_i, \quad j = t, s, w; \qquad 4)$$

3) поток O_2, откачиваемый насосом:

$$Q_{\mathrm{p}} = c^{0} p S_{\mathrm{p}}; \qquad 5)$$

4) уравнение баланса газовых потоков:

$$Q_0 = Q_{\mathrm{t}} + Q_{\mathrm{s}} + Q_{\mathrm{w}} + Q_{\mathrm{p}}. \qquad 6)$$

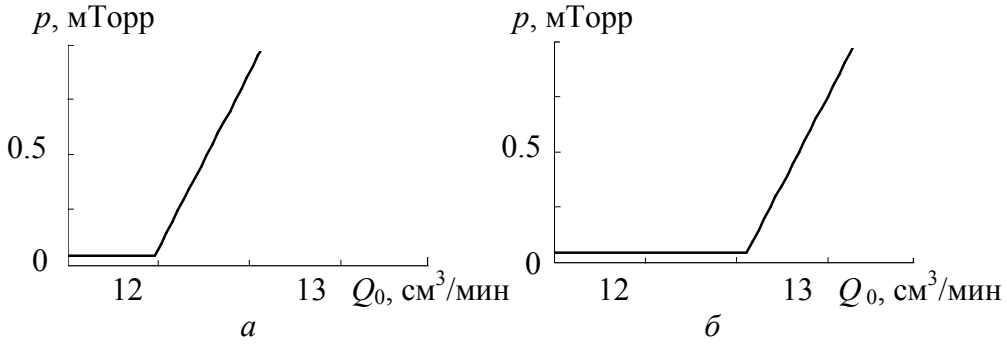


Рис. 1. Расчетные зависимости для медной мишени: *а)*«горячей»; *б)* «холодной».

Система (2)–(6) была решена численно для распыления медной мишени в среде Ar + O_2. На рис. 1 приведены зависимости парциального давления кислорода от его входного потока Q_0, которые подобны. В них наблюдаются два характерных участка: на первом — при малом Q_0 давление близко к нулю; на втором — давление пропорционально Q_0. Отличие между рис. 1а и 1б состоит в том, что переход между режимами в системе с «горячей» мишенью происходит при меньшем значении Q_0.

Исследование проводится при поддержке РНФ (грант 15-19-00076).

Список литературы:

1. Michal Mazur Damian Wojcieszaka, Danuta Kaczmareka, Jaroslaw Domaradzkia, Grzegorz Zatrybb, Jan Misiewiczb, Jerzy Morgielc «Effect of the nanocrystalline structure type on the optical properties of TiO2:Nd (1 at.%) thin films» // Optical Materials Volume 42, April 2015, Pages 423–429

Осаждение пленок оксидов меди методом реактивного магнетронного распыления

А.В. Слышак, В.С. Слышак

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

Пленки оксидов меди дают возможность для применения их в качестве активных слоев в солнечных элементах, сенсорах и других устройствах, при этом, стоит задача осаждения плёнок определённого стехиомет-

рического состава. Для их нанесения применяют широкий спектр методов. Реактивное магнетронное распыление на постоянном токе занимает в этом списке особое место благодаря его простоте, универсальности. Изменение технологических параметров позволяет варьировать химический состав, кристаллическую структуру и физические свойства пленок. Данная работа посвящена исследованию влияния массового расхода кислорода на химический и фазовый состав пленок оксида меди.

Эксперименты проводились на модернизированной установке УВН-71 с вакуумной камерой объемом $7.8 \cdot 10^{-2}$ м^3, оснащенной плоским магнетроном с медной (99.99%) мишенью диаметром 115 мм. Пленки осаждали на стекло при остаточном давлении менее 10^{-2} мТорр, давлении смеси аргона и кислорода 3.8 мТорр, постоянной плотности тока разряда 9.7 мА/см^2 и температуре подложки 240°С. Для исследования газового разряда применялся метод оптической эмиссионной спектроскопии. Изучение химического состава и кристаллической структуры осажденных пленок проводили с помощью метода комбинационного рассеяния света (КРС) и рентгенофазового анализа (РФА).

Исходя из спектров испускания из области катодного свечения газового разряда, получили, что линии возбужденных атомов меди (CuI) наблюдались при 325.2, 516.1, 522.5, 649.9 и 655.3 нм. Наиболее интенсивные линии при 750.5; 763.4 и 811.4 нм соответствуют возбужденным атомам аргона (ArI) и линия 777.2 нм — атомам кислорода. При металлическом режиме работы мишени присутствуют только линии атомов меди CuI, линии кислорода OI отсутствуют.

После перехода в оксидный режим в спектрах появляются линии кислорода, интенсивность линий меди уменьшается в несколько раз, но они не исчезают полностью. При распылении металлических мишеней данный эффект не наблюдался. Линии атомов металла при переходе в оксидный режим исчезают из спектра полностью [3]. Наблюдаемое снижение интенсивности линий атомов аргона связано с перехватом атомами кислорода на себя процессов возбуждения и ионизации [5].

Зависимости интенсивности основных линий в спектрах испускания и напряжения на магнетроне от расхода кислорода отражают области стационарных режимов работы мишени и переход мишени из «металлического» режима в «оксидный», который происходит равновесно, образуя промежуточные стационарные состояния.

Эксперименты позволили установить, что при стационарных режимах получаются пленки, содержащие кристаллическую фазу CuO с моноклинной сингонией. Пленки Cu_2O были получены в случаях, когда мишень находилась в промежуточных стационарных состояниях вблизи области оксидного режима. Скорость осаждения пленок в выбранном режиме составляет 27 нм/мин.

Метод РФА показал наличие в пленках нанокристаллов размером ~10 нм Cu_2O кубической сингонии с преимущественной ориентацией параллельно плоскости. Наблюдаемые на рентгенограмме пики расположены при $2\theta = 35{,}9°$ и $2\theta = 41{,}5°$.

Моделирование нагрева «горячей» металлической мишени магнетрона

В.В. Смирнов, В.В. Карзин, А.А. Комлев, А.В. Завьялов

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

Одним из современных способов получения многофункциональных покрытий в научно-техническом мире является высокомощное (в том числе импульсное) магнетронное распыление, которое сопровождается повышением температуры мишень вплоть до плавления. При применении данного метода поток осаждаемого вещества формируется не только за счёт физического распыления, но и интенсивного испарения материала мишени. При подробном изучении физической сущности разряда исследуется магнетронная система с теплоизолированной мишенью. В результате интенсивного взаимодействия потоков ионов с мишенью возникает ее сильный разогрев.

Повышение температуры поверхности мишени кардинальным образом изменяет процесс осаждения пленки. Реальное измерение температуры мишени в рабочем режиме является достаточно сложной операцией. Чтобы измерять с приемлемой точностью измерение в таком широком диапазоне температур существует два способа: контактный и бесконтактный. Контактный способ заключается в непосредственном закреплении на обратной поверхности горячей мишени термопарного датчика, что является сложной задачей. Бесконтактный метод требует не только более дорогостоящего пирометрического оборудования, но и приводит к значительным трудно-

стям применения в вакуумной камере. Альтернативным методом решения такой задачи является компьютерное моделирование. Для максимально точного и предсказуемого результата магнетронного распыления в работе ставится задача смоделировать процесс нагрева металлической мишени магнетрона с помощью программного продукта COMSOL Multiphysics.

В работе производится трехмерное моделирование «горячей» титановой и медной мишеней, имеющих толщину 1 мм. Толщина вакуумного зазора между охлаждаемым диском также 1 мм. Также в систему введён крепёж. Активной областью мишени, служащей источником разогрева (более 85% мощности разряда идёт на разогрев мишени), является зона эрозии, которую определяет конструкция магнитной системы. Расчеты выполнены для конструкции магнетрона, который был использован в экспериментальных исследованиях (диаметр мишени 160 мм). Эта зона имеет форму кольца с внутренним и внешним диаметром 90 мм и 140 мм, соответственно, имеющего площадь ~ $9 \cdot 10^3$ мм^2. Очевидно, что отвод тепла осуществляется путём теплопроводности через элементы конструкции и излучения нагревающейся мишени. Для решения дифференциальных уравнений в программе COMSOL используется метод конечных элементов.

В результате данной работы были получены зависимости температуры «горячей» медной и титановой мишени от падающей мощности. Для мишеней из разных материалов зависимости носят разный характер. Это связано с различной теплопроводностью используемых веществ. Из-за низкой теплопроводности титановая мишень нагревается в ~1.5 раза больше, чем медная при одинаковой плотности падающей мощности.

На рис. 1 показано распределение температуры по поверхности мишени в режиме максимальной падающей плотности мощности. Хорошо видно, что отток тепла происходит через крепёж. Градиента по толщине мишени не наблюдается.

а *б*

Рис. 1. Распределение температуры по мишени (а — медная и б — титановая)

Также изучена кинетика нагрева мишеней при разной мощности. Как отмечалось выше, большой интерес представляет высокомощное импульсное распыление. Температуру мишени можно довести до необходимых значений высокомощными импульсами. В работе представлен результат моделирования воздействия импульса длительностью 50 мкс и различной энергией (плотность мощности при этом доходит до сотен ГВт/м^2).

Исследование проводится при поддержке РНФ (грант 15-19-00076).

Метрологическое и информационное обеспечение разработки и испытаний радиолокационного канала металлоискателя.

А.А. Толубаева

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

Данная работа посвящена разработке радиолокационного канала металлоискателя. Металлоискатели — это индукционно-электронные приборы, позволяющие обнаруживать металлические предметы в разных средах: воде, грунте, древесине и т.д. Высочайшие темпы развития электроники и микроэлектроники сделали металлоискатели надежными, миниатюрными и, конечно, интеллектуальными. Сегодня основными областями применения металлоискателей, от которых соответственно зависят форма этих приборов, конструкция и стоимость, являются следующие: сфера вооруженных сил, сфера криминалистики, пищевая сфера, сфера строительства, сфера добычи полезных ископаемых, археология и другие.

На этапе разработки были проведены измерения параметров макетов антенн и их настройка.

Проведены исследования узла питания антенн для определения влияния его конструктивных особенностей на качество получаемой радиолокационной информации. Для улучшения показателей коэффициента отражения были предприняты меры по устранению конструктивных зазоров в узле питания, предположительно оказывающих влияние на характеристики антенны. Экспериментальным путём было установлено, что неоднородность находится в месте пайки разъёма и активного излучателя.

Выполнена программа работ по определению требований к конструкции поискового элемента в части выбора наиболее оптимального взаимного положения антенн. Целью экспериментов являлся выбор оптимального

взаимного положения антенн, обеспечивающего снижение амплитуды сигнала прямого прохождения (СПП) из антенны в антенну и увеличение сигнала отраженного от экрана (СОЭ) при минимальных уровнях сигналов переотражений (СПО). В результате эксперимента, было установлено, что встречная поляризация антенн является наилучшим вариантом.

Экспериментальным путем определены места размещения и необходимый объем радиопоглощающего материала, обеспечивающие требуемые характеристики антенн.

Проведена оценка электромагнитной совместимости антенн радиолокационного канала (РЛК) с датчиками индукционного канала на макете поискового элемента с установленными катушками датчика индукционного канала и антеннами РЛК с заложенным радиопоглощающим материалом. Целью экспериментов являлась оценка относительного изменения амплитуд сигнала прямого прохождения, сигнала отражения от экрана и сигнала переотражений в зависимости от состояния катушек (разомкнутые, закороченные, нагруженные). Измерения проводились с использованием координатного стола на трех разных высотах над экраном. В результат экспериментов было установлено, что от режима катушек (нагруженные, разомкнутые, закороченные) сигнал не изменяется.

Проведены работы по тестированию макета радиолокационного канала. Собраны и настроены антенны для макетных образцов металлоискателя.

Определен необходимый объем и порядок проведения измерений для формирования первоначальной базы радиолокационных данных для отработки алгоритмов обнаружения металлических предметов. Записи радиолокационных данных проводились с помощью макета радио-локационного канала металлоискателя в условиях лабораторного полигона и специально оборудованной площадки с естественной дерново-подзолистой почвой. Антенный блок макета радиолокационного канала металлоискателя перемещался над поверхностью по листу пенопласта для обеспечения постоянной заданной высоты. Для первичного наполнения базы данных в качестве объекта поиска использовался учебный образец мины ПМН-2. Общий объем измерений составил 260 штук.

В результате работы был разработан, собран и протестирован макет радиолокационного канала металлоискателя.

Магнонный кристалл на основе ферри-сегнетоэлектрической структуры

И.А. Устинова, А.А. Никитин, А.Б. Устинов

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

В последние годы возрос интерес к исследованию спиновых волн (СВ) в магнитных пространственно-периодических волноведущих структурах — так называемых магнонных кристаллах [1]. Спектр спиновых волн таких структур характеризуется наличием запрещенных зон. Отдельный интерес вызывают динамические магнонные кристаллы (ДМК), в которых реализуется возможность «включения» и «выключения» периодичности свойств структуры [2,3]. Другим актуальным направлением стало исследование искусственных материалов, обладающими мультиферроидными свойствами [4]. К ним относятся феррит-сегнетоэлектрические (ФС) слоистые структуры, в которых могут распространяться гибридные электромагнитно-спиновые волны (ЭСВ) [5]. До сих пор основное внимание уделялось исследованию пространственно-однородных ФС волноведущих структур, а пространственно-периодические структуры изучались мало. Целью данной работы является теоретическое исследование динамического магнонного кристалла на основе феррит-сегнетоэлектрической структуры. Особенности спектра ЭСВ, полученные в данной работе, могут быть использованы для создания новых сверхвысокочастотных (СВЧ) мультиферроидных устройств. В работе рассмотрена структура, состоящая из ферромагнитной пленки железо-иттриевого граната (ЖИГ) и сегнетоэлектрической пластины титаната бария-стронция, на которую были нанесены тонкие прозрачные для СВЧ электроды. Первый электрод, находившийся на поверхности структуры, представлял собой решетку металлических полосок. Второй электрод, расположенный между пленкой и пластиной был сплошным. При приложении электрического поля к электродам пластина сегнетоэлектрика оказывалась периодически поляризованной. Для расчета спектральных характеристик ЭСВ в периодической структуре было использовано дисперсионное уравнение, полученное в работе [6]. При расчетах толщина пленки ЖИГ была взята равной 5 мкм, намагниченность насыщения составляла 1750 Гс, магнитное поле H=1000 Э, а диэлектрическая проницаемость 14. Толщина сегнетоэлектрической пластины была

выбрана равной 500 мкм, диэлектрическая проницаемость неполяризуемого участка составляла 2500, а для поляризуемого участка варьировалась от 2400 до 1500. Магнонный кристалл был намагничен однородным полем H, направленным в плоскости структуры перпендикулярно направлению распространения ЭСВ. Было установлено, что чем больше период структуры, тем больше ширина первой запрещенной зоны. Это объясняется тем, что при увеличении периода уменьшается блоховский волновой вектор, частота первой запрещенной зоны тоже уменьшается и она входит в область сильной дисперсии. Расчеты для пленки толщиной 5 мкм показывают, что первая запрещенная зона с увеличением периода структуры увеличивает свою ширину до 21 МГц и уменьшает свою частоту примерно на 70 МГц. Для пленки толщиной 10 мкм ширина запрещенной зоны увеличивается на 37 МГц, а частота уменьшается на 130 МГц. Таким образом, результаты анализа позволяют сделать вывод о том, что для увеличения электрической управляемости феррит-сегнетоэлектрического динамического магнонного кристалла более предпочтительно использовать толстые ферритовые пленки. Подробное описание полученных результатов будет представлено на конференции. Работа частично поддержана Российским фондом фундаментальных исследований, Российским научным фондом и госзаданиями Минобрнауки РФ.

Список литературы:

1. Krawczyk, M., Grundler, D. Review and prospects of magnonic crystals and devices with reprogrammable band structure // J.Phys.: Condens. Matter. — 2014. — N 123202. — P. — 1-32.
2. Chumac, A.V., Nuemann, T., Serga, A.A., Hillebrands, B., Kostylev, M.P. A current-controlled, dynamic magnonic crystal // J. Phys. D: Appl. Phys. — 2009. — V. 42. — N 205005. — P. — 1-8.
3. Nikitin, A. A., Ustinov, A. B., Semenov, A.A., Chumac, A.V., Serga, A.A., Vasyuchka, V.I., Lähderanta, E., Kalinikos, B.A., Hillebrands, H. A spin-wave logic gate based on a width-modulated dynamic magnonic crystal // APL. — 2015. V. 106. — N 102405. — P. 102405.
4. Vaz, C.A.F. Electric field control of magnetism in multiferroic heterostructures // J. Phys.: Condens. Matter. — 2012. — V. 24. — N 3. — P. 333201.
5. Demidov. V.E., Kalinikos. B.A., Edenhofer. E. Dipole-exchange theory of hybrid electromagnetic-spin waves in layered film structures // J. Appl. Phys. — 2002. — V. 91. N 12. — P. 10007.
6. Yariv, A., Yeh, P. Optical waves in crystals. — N Y: Wiley, 1984. — 616 p.

Титанат-цирконат бария — новый материал для СВЧ-применений

А.М. Чернявский

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

На сегодняшний день актуальной является проблема поиска новых веществ и материалов для использования в электронных приборах, работающих на сверхвысоких частотах. СВЧ-устройства на базе ферритов и полупроводников обладают рядом существенных недостатков, таких как низкое быстродействие и высокое энергопотребление. Возможным выходом из ситуации является использование сегнетоэлектрических (СЭ) материалов, обладающих высокой диэлектрической нелинейностью, высоким быстродействием и высокими рабочими мощностями при малом энергопотреблении, а также низкой себестоимостью. При этом, в отличие от элементов памяти, СВЧ-элементы разрабатываются на базе тонких слоёв сегнетоэлектрика в параэлектрической фазе для повышения быстродействия и добротности. Наиболее привлекательными для применения на СВЧ являются оксидные материалы типа перовскита, благодаря их возможности образовывать многокомпонентные твёрдые растворы, изменяющие свои свойства в широком диапазоне. Наиболее исследованными СЭ материалами на текущий момент являются твёрдые растворы титаната бария-стронция (BST). Однако у этого материала есть ряд недостатков: сильная температурная зависимость свойств, высокие СВЧ-потери и медленная релаксация ёмкости. С другой стороны, существует ряд потенциально более перспективных для СВЧ материалов, но практически не исследованных с этой точки зрения, таких как твёрдые растворы титаната-цирконата бария ($Ba(Zr_xTi_{1-x})O_3$, BZT).

В связи с вышесказанным, проведение работ по изучению свойств тонких плёнок твёрдых растворов BZT представляется актуальной задачей. Для создания опытных образцов выбрана технология магнетронного распыления, позволяющая создавать плёнки толщиной в сотни нанометров, контролируя их свойства при помощи изменения условий распыления (например, температуры и давления). Структурные свойства образцов исследуются методами рентгеновской дифрактометрии, Резерфордовского обратного рассеяния и атомно-силовой микроскопии, что позволяет опре-

делить оптимальные условия осаждения слоев. Электрофизические характеристики пленок определяются резонансными методами на частотах 1 ГГц и выше. Существующие на данный момент научные исследования данного материала позволяют спрогнозировать высокую диэлектрическую проницаемость слоев (результаты варьируются от сотен до тысяч ед.), относительно низкий тангенс угла диэлектрических потерь (порядка 0.02÷0.06) и нелинейность, превышающую 40%.

НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ

Исследование наноструктур zno с помощью сканирующей микроскопии сопротивления растекания

А.А.Александрова, Н.А.Лашкова, А.И.Максимов, Л.Б.Матюшкин

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

В современных исследованиях важно проводить диагностику наноструктурированных материалов с наибольшей эффективностью, в частности диагностику вольт-амперных характеристик (ВАХ) в локальных областях исследуемой поверхности [1]. В процессе измерения локальной ВАХ в выбранной точке поверхности возникает изменение кристаллической структуры и свойств материала. Деформации и тепловое воздействие при протекании тока приводят также к изменению свойств контакта (образованию оксидных фаз и т.п.), к нестабильности и невоспроизводимости ВАХ.

Сканирующая микроскопия сопротивления растекания (SSRM) — один из контактных режимов атомно-силовой микроскопии (АСМ), при котором измерение выполняется проводящим зондом при постоянной силе его прижима (изгиб кантилевера) к исследуемой поверхности, при этом происходит одновременная регистрация рельефа поверхности (топографии) и карты распределения тока по поверхности исследуемого образца [2].

По методике косвенного перестроения локальных ВАХ [3] в режиме SSRM исследовались тонкие плёнки нелегированного оксида цинка (ZnO — прямозонный полупроводник с $E_g = 3{,}36$ эВ *n*-типа электропроводности) и легированного алюминием, полученные методом спрей-пиролиза [4, 5].

С помощью АСМ установлена зависимость шероховатости поверхности исследуемой области от количества сканирований, изучено влияние количества сканирований на изменение радиуса закругления зондового датчика. Установлено, что максимальная шероховатость (92 нм) данной области наблюдается в начале сканирования. К концу сканирования шероховатость достигает минимального значения (43 нм). Это может быть связано с тем, что по мере проведения измерений в контактном режиме про-

исходит затупление зондового датчика (радиус закругления зонда увеличивается), соответственно, зонд становится менее чувствительным к рельефу поверхности и не проникает в определённые области исследуемого образца.

Для измерений в режиме SSRM использованы зондовые датчики с алмазоподобным покрытием DCP11 с радиусом закругления порядка 100 нм, имеющие два прямоугольных кантилевера.

Получена серия АСМ-топографий и карт распределения тока, которые показали, что ток протекает частично по вершинам и преимущественно по границам зёрен. Локальные ВАХ построены в программе Nova, управляющей микроскопом, и перестроены с помощью виртуального прибора в LabVIEW [3]. Сравнение двух ВАХ показало, что методика [3] может быть применена для диагностики наноструктурированных материалов, в особенности свойств межзёренных границ в поли- и нанокристаллических материалах.

Список литературы:

1. Spivak Y.M., Moshnikov V.A. Features of photosensitive polycrystalline PbCdS layers with a network-like structure // Journal of Surface Investigation: X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques. 4 (1) (2010) 71-76.
2. 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.
3. Лашкова Н.А., Пермяков Н.В., Максимов А.И., Спивак Ю.М., Мошников В.А. Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. 2015. 1 (213) 31-42.
4. Benzarouk H., Drici A., Mekhnache M., Amara A., Guerioune M., Bernede J.C., Bendjffal H. Effect of different dopant elements (Al, Mg and Ni) on microstructural, optical and electrochemical properties of ZnO thin films deposited by spray pyrolysis (SP). // Superlattices and Microstrucrures. 52 (2012) 594-604.
5. Лашкова Н.А., Максимов А.И., Матюшкин Л.Б., Мошников В.А. и др. Локальные электрофизические свойства проводящих пленок ZnO // Бутлеровские сообщения. 2015. Т.42. №6. С. 48-53.

Исследование транзисторных структур InGaAs/InAlAs/InP методом фотолюминесценции

И.М. Бавтович, Д.Д. Фирсов, О.С. Комков

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

В современном мире одним из наиболее распространенных электронных компонентов являются СВЧ транзисторы. Перспективной базой для них служат гетероструктуры на основе InGaAs/InAlAs на подложке InP [1].

Целью данной работы — исследование фотолюминесцентных свойств гетероструктур InGaAs/InAlAs для СВЧ транзисторов. Исследуемые образцы 1 и 2 (рис. 1) были выращены методом молекулярно-лучевой эпитаксии на полуизолирующих подложках InP с ориентацией (100).

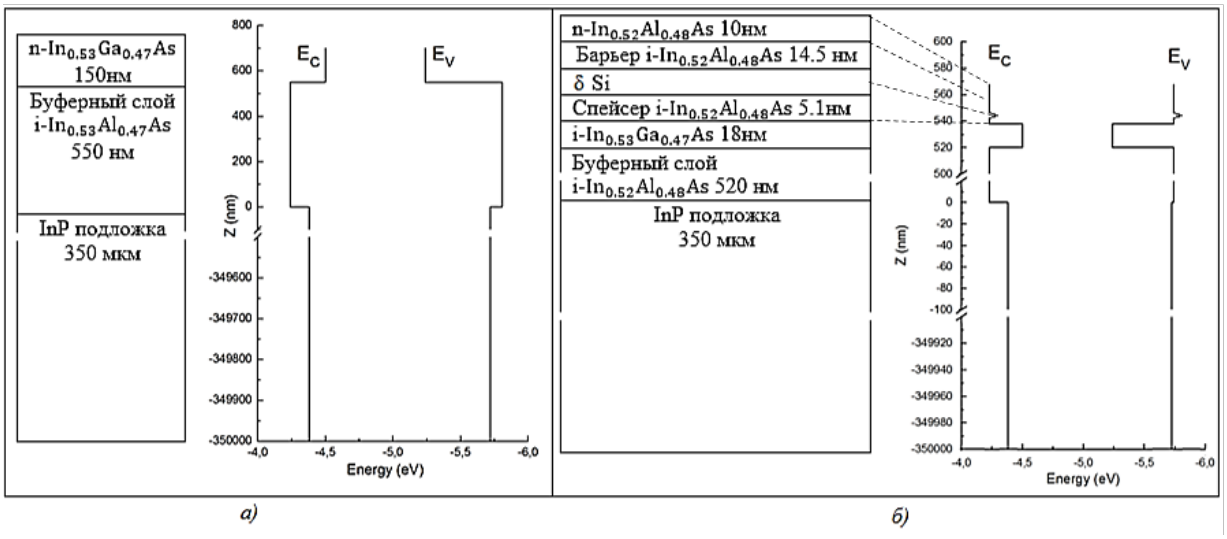


Рис. 1. Послойное изображение и энергетическая диаграмма образца 1 (а) и образца 2 (б)

Измерение спектров фотолюминесценции (ФЛ) проводилось на инфракрасном фурье-спектрометре VERTEX 80 при температуре T = 8K.

По полученным спектрам ФЛ мы можем судить о качестве выращенных структур. Максимумы ФЛ для обоих образцов наблюдаются при 0.862 эВ (рис. 2), а ширина запрещенной зоны $In_{0.53}Ga_{0.47}As$ при данной температуре 0.819 эВ [2].

Локальный нагрев лазерным излучением сдвигает ширину запрещенной зоны в сторону меньших энергий на 3 мэВ. Согласно [3] максимум спектра люминесценции зона-зона расположен при энергии $\hbar\omega = E_g + kT/2$, при условиях проведения эксперимента $kT/2 \cong 3$ мэВ.

Для образца 2 с квантовой ямой необходимо учитывать квантово-размерные эффекты. Оценка энергий уровней размерного квантования для электронов в зоне проводимости и тяжелых дырок в валентной зоне даст максимум при энергии 0.85 эВ [4].

Из вышесказанного можно предположить, что при росте эпитаксиального слоя, возможно, появилось некоторое отклонение от состава $In_{0.53}Ga_{0.47}As$. Из-за отклонения состава от технологически заданного в кристаллических решетках появляется рассогласование, имеют место механические напряжения и дефекты.

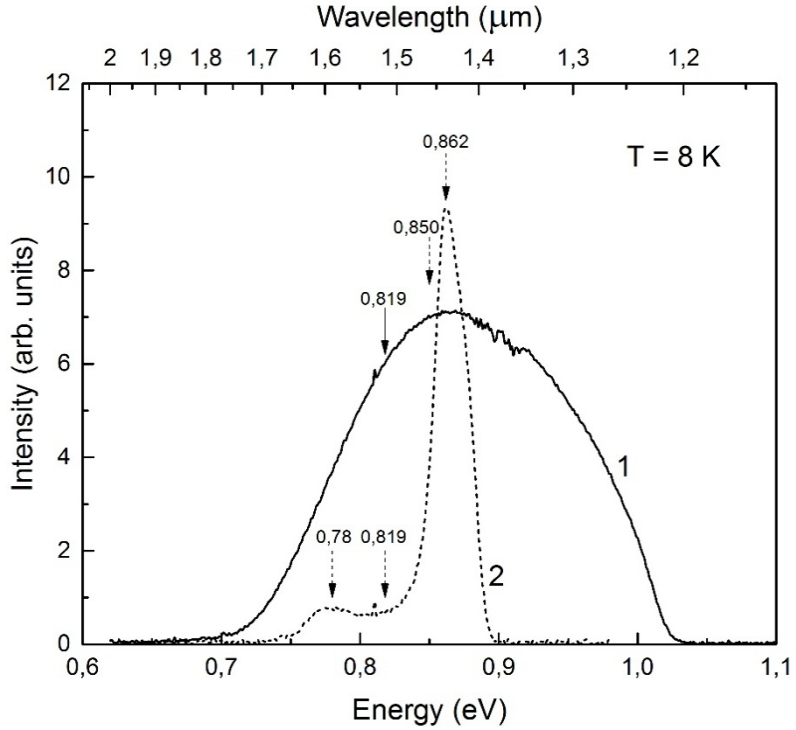


Рис. 2. Спектры фотолюминесценции исследуемых образцов.

Пик при энергии 0.78 эВ на спектре ФЛ образца 2 можно объяснить излучательной рекомбинацией связанных экситонов на примесных центрах или дефектах.

Авторы выражают благодарность А. Л. Дудину за предоставленные образцы.

Список литературы:

1. Kim D.-H., Del Alamo J. A. IEEE Electron Dev. Lett. — 2010. — V. 31 — N.8 — p. 806
2. Paul S., Roy J. B., Basu P. K. J. Appl. Phys. — V. 69 — N. 2 — p. 827
3. Пихтин А. Н. Квантовая и оптическая электроника — М.: Абрис, 2012. — 656 с.
4. Комков О. С., Пихтин А. Н. Физика квантово-размерных наноструктур — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. — 58 с.

Функционализация порошков пористого кремния для биомедицинского применения

К.Беспалова, А.О.Белорус, Ю.М.Спивак, П.А.Сомов

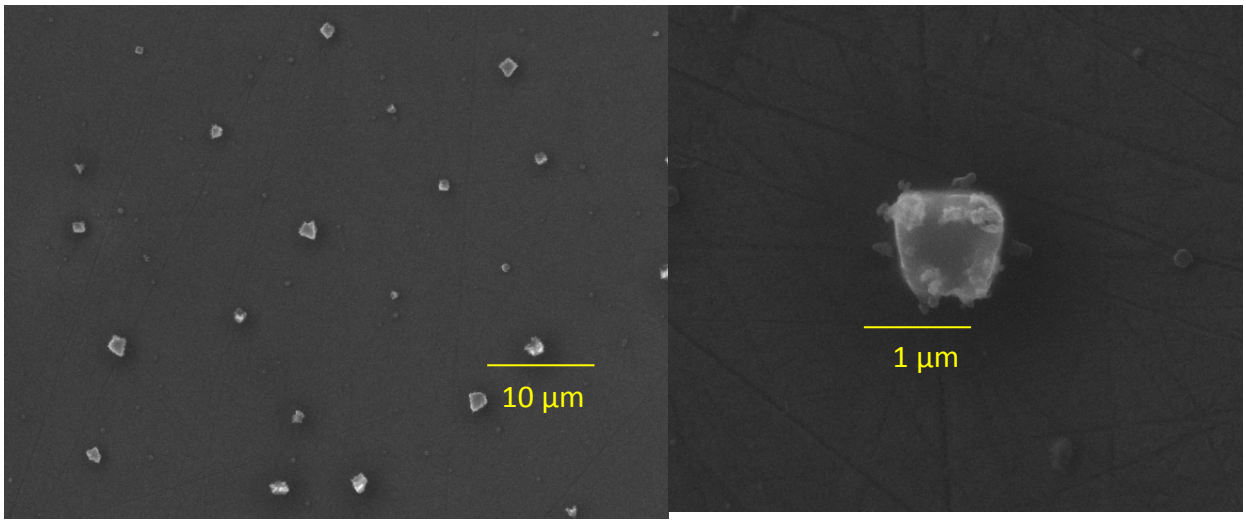
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина) (СПбГГЭТУ)

В современном материаловедении активно развивается направление создания пористых материалов с контролируемыми параметрами (диаметр пор, величина пористости, структура и толщина пористого слоя, фазовый состав на внутренней поверхности пор) [1-2]. Широкое применение в биомедицине находят порошки пористого кремния (por-Si). Благодаря биосовместимости и биодеградируемости частиц por-Si являются идеальными матрицами-носителями для адресной доставки лекарств, а фотолюминесценция por-Si позволяет получить биомаркеры на его основе [3-6].

Для использования por-Si в медицинских целях необходимо выбрать оптимальные параметры процесса изготовления, при которых полученные частицы будут обладать свойствами, позволяющими «нагрузить» частицу полезным грузом. Требуется информация о распределении частиц по размерам в полученном порошке, диаметре пор, удельной площади поверхности, толщине пористого слоя.

Целью данной работы являлось исследование серий порошков por-Si, полученных методом электрохимического анодного травления при различных условиях, функционализированных двумя лекарственными препаратами: индоцианином зеленым и канамицином.

На рис. 1 приведены изображения порошков por-Si, полученных из монокристаллического кремния марки КЭФ 4,5 (111) при плотности тока анодирования 80мА/см^2



а б

Рис. 1. а) распределение частиц пористого кремния в водной дисперсии
б) типичный вид частицы

Исследования частиц por-Si проводились методом растровой электронной микроскопии (РЭМ, MIRA TESCAN), методом тепловой десорбции азота (прибор серии СОРБИ), а также методом оптической фотометрии (однолучевой спектрофотометр ПЭ-5400УФ).

Список литературы:

1. Мошников В.А., Спивак Ю.М. «Электрохимические методы получения пористых материалов для топливных элементов» // Глава в монографии: Основы водородной энергетики / Под ред. В.А. Мошникова и Е.И. Терукова. 2-е изд. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. 288с.

2. Е. В. Астрова, Г. В. Ли, А. В. Парфеньева и др. Исследование структуры и состава кремниевых микроструктур, подвергшихся циклическому внедрению и экстракции лития // ЖТФ, 2015. Т. 85, вып. 4. 52-61 с.

3. Ксенофонтова О.И., Васин А.В., Егоров В.В. и др. Пористый кремний и его применение в биологии и медицине // ЖТФ, 2014. Т. 84, вып. 1, с. 67-77.

4. Porous silicon in drug delivery devices and materials / E. J. Anglin, L.C. Cheng, W. R. Freeman, and all// Adv Drug Deliv Rev. — 2008. — Vol. 60. — P.1-32.

5. S. Dhanekar, S. Jain, J. M. Islamia, etc. Porous silicon biosensor: Current status // Biosensors and Bioelectronics, 2013. Vol 41.Pages 54–64.

6. T. J. Barnes, Karyn L J., C. A. Prestidge. Recent advances in porous silicon technology for drug delivery // Therapeutic Delivery, 2013. Vol. 4, No. 7. PP. 811-823.

Контактные явления в полупроводниках

В.Р. Гайнетдинов, Н.Н. Ганеева

Башкирский государственный педагогический университет им. М.Акмуллы, г. Уфа

Использование полупроводников в электронике прошло длительный путь — от первого детектора на кристалле сернистого свинца до современных компьютеров. Возникла и успешно развивается физическая микроэлектроника, которая рассматривает процессы, происходящие на микроскопическом уровне, и изучает материалы, свойства которых описывает физика твердого тела.

Целью данной работы является проведение теоретической и экспериментальной оценки высоты потенциального барьера на границе раздела полупроводника с различными металлами.

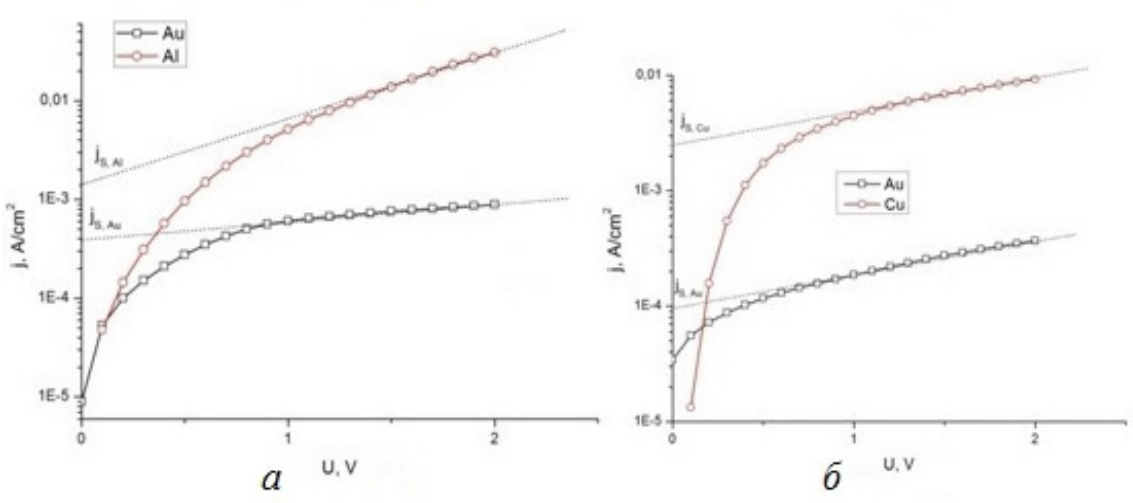


Рис.1. а) зависимость плотности тока структуры Al-pSi-Au, б) зависимость плотности тока структуры Cu-pSi-Au.

На рис.1 в графиках (*а*) и (*б*) представлены зависимости плотности тока от напряжения структур Al-pSi-Au и Cu-pSi-Au соответственно. На данных графиках можно видеть, что экспериментальные точки можно аппроксимировать прямой линией. Точка пересечения с осью ординат определяет плотность тока насыщения. По формуле (1) можем определить значения высот потенциального барьера:

$$\varphi_{Bn} = \frac{kT}{q} \ln \frac{A^{**}T^2}{J_S} \qquad 1)$$

где j_s — плотности тока насыщения, k — постоянная Больцмана, T — абсолютная температура, q — заряд электрона, A^{**}– постоянная Ричардсона.

На рис.2 приведены зонные диаграммы для использованных в работе металлов и кремния p-типа проводимости. Значения работы выхода электронов для Al, Au и Cu, взятые из [1] равняются 4.3, 4.8 и 4.4 эВ соответственно. Сродство к электрону p-Si 4,2 эВ[2]. Согласно классической теории контакта металл-полупроводник потенциальный барьер должен определяться по формуле:

$$\varphi_{\text{теор}} = \varphi_{\text{me}} - \chi_{\text{Si}}. \qquad 2)$$

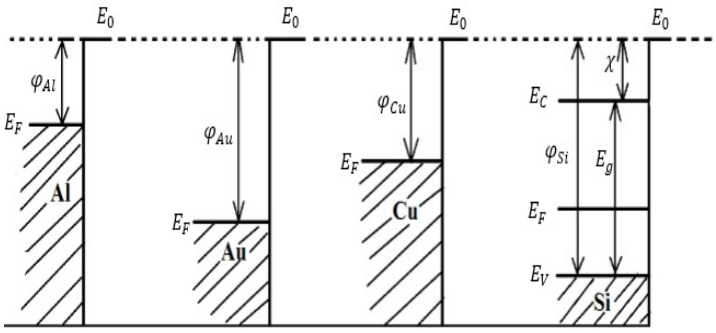


Рис.2. Зонные диаграммы Al, Au, Cu и Si.

В ходе данной работы были определены высоты потенциальных барьеров на контакте Al-pSi, Au-pSi и Cu-pSi, которые составили 0,59 эВ, 0,65 эВ и 0,57 эВ соответственно. Теоретический расчет показал, что потенциальный барьер на контактах Al-pSi, Au-pSi и Cu-pSi должен составлять 0,1 эВ, 0,6 эВ, 0,2 эВ соответственно. Несоответствие экспериментальных и теоретических расчетов, скорее всего, связано с площадью контакта и толщиной нанесенной металлической пленки.

Список литературы:

1. Фоменко В.С. Эмиссионные свойства материалов [текст] / Справочник. Киев: Наукова думка. — 1981. — 339 с.
2. The General Properties of Si, Ge, SiGe, SiO2 and Si3N4 / Virginia Semiconductor — 2002. [Электронный ресурс] / Метод доступа: www.virginiasemi.com/pdf/ generalpropertiesSi62002.pdf. — 30.04.2015г.

Расчёт размеров коллоидных квантовых точек CdSE на основе анализа спектров люминесценции

М.О. Гуревич

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

Использование коллоидных квантовых точек (ККТ) является перспективным направлением развития современной электроники, работающей в оптическом диапазоне. Устройства, созданные с использованием ККТ, отличаются высокой эффективностью и сниженной стоимостью. Эти параметры можно улучшать, размещая ККТ в нанотекстурированных или нанопористых слоях, и с этой точки зрения важным является не только исследование оптических свойств ККТ, но и определение их размерных параметров, в соотвествие которым подбираются параметры слоя-носителя.

Объектами исследования были коллоидные квантовые точки CdSe/ZnS и CdSeZnS/ZnS различного состава. Рассмотренные ККТ являются гетероструктурами типа «оболочка-ядро» и «двойная оболочка-ядро», где ядром является узкозонный CdSe, а оболочкой — широкозонный ZnS. Измерение спектров люминесценции проводилось с применением установки, созданной на основе монохроматора дифракционного двухрешеточного СДЛ-1. Возбуждение люминесценции производилось полупроводниковым лазером с рабочей длиной волны 445 нм. Сигнал люминесценции регистрировался кремниевым фотоприемником с предусилителем. Для увеличения чувствительности установки использовалась система синхронного детектирования на основе усилителя Stanford SR-810. Анализ экспериментальных данных показал, что каждый из исследованных образцов проявляет интенсивную люминесценцию в узком диапазоне длин волн: полуширины пиков не превышали 60 нм. Это указывает на малую дисперсию свойств отдельных нанообъектов в исследованных образцах, что подтверждается также симметричностью спектральных линий излучения относительно положений максимумов.

Для определения размеров ККТ обычно используются данные спектроскопии поглощения или фотолюминесценции, однако не существует общепринятых методов интерпретации полученных результатов. Научные группы, занимающихся исследованиями в области ККТ, обычно исполь-

зуют аппроксимации, основанные на сопоставлении данных спектроскопии и исследований на просвечивающем электронном микроскопе [1]. В ходе анализа экспериментальных данных было показано, что расчёты, проведённые по различным методикам, дают результаты, существенно отличающиеся для одних и тех же образцов.

Сравнение представленных в литературе методик с экспериментальными данными [2-5] позволяет выделить две из них, позволяющие достичь наилучшего совпадения с результатами экспериментов. С их помощью был произведён расчёт размерных параметров образцов, исследованных в работе. Показано, что для ККТ с пиками люминесценции, лежащими в области больших длин волн (например, 650 нм), расчеты по выбранным методикам дают почти одинаковые значения (от 3,7 до 4,1 нм). Для коротковолновых ККТ (500 нм) определенные размеры частиц лежат в диапазоне от 1.1 нм или 2.2 нм. С учетом проведенного расчета решается задача физического моделирования процессов, происходящих в ККТ. Целью моделирования является получение аналитических выражений, с помощью которых можно производить расчёты параметров наночастиц на основе учета их фундаментальных свойств. Отказ от использования аппроксимаций позволит быстро адаптировать метод для расчета параметров ККТ, синтезированных на основе других полупроводниковых материалов.

Список литературы:

1. C. J. Murphy and J. C. Coffer, Quantum Dots: A Primer, Applied Spectroscopy, vol. 56, no. 1, pp. 16A-27A.
2. Andrey L. Rogach, Andreas Kornowski, Mingyuan Gao, Alexander Eychmueller and Horst Weller. Synthesis and Characterization of a Size Series of Extremely Small Thiol-Stabilized CdSe Nanocrystals. J. Phys. Chem. B 1999, 103, 3065-3069.
3. C. B. Murray, C. R. Kagan and M. G. Bawendi. Synthesis and Characterization of Monodisperse Nanocrystals and Close-Packed Nanocrystal Assemblies, Annual Reviews of Material science, vol. 30, pp. 545-610.
4. Xiaogang Peng, J. Wickman and A. P. Alivisatos. Kinetics of II-VI and III-V Colloidal Semiconductor Nanocrystal Growth: «Focusing» of Size Distributions, Journal of the American Chemical Society, vol. 120, no. 21, 1998, pp. 5343-5344.
5. Klimov V. I. Optical Nonlinearities and Ultrafast Carrier Dynamics in Semiconductor Nanocrystals. J. Phys. Chem. B 2000, 104, 6112-6123.2.

Модели возникновения, роста, эволюции и иерархической сборки фрактальных агрегатов (обзор состояния и перспектив получения сенсорных структур нового поколения с перколяционным характером электронного транспорта)

Р.С. Зырянов

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

В современном мире одним из развивающихся направлений в науке является сенсорика. Одной из технологий создания газовых сенсоров является золь-гель технология. Ее методами можно создавать различные адсорбционные газовые датчики широкого спектра применения. При адсорбции молекул кислорода на скелетной части перколяционного кластера в таких структурах сопротивление канала протекания будет возрастать и в идеализированном пределе стремиться к бесконечности. При появлении восстанавливающего газа вновь образуются проводящие участки, сопротивление резко падает, поэтому нет принципиальных ограничений для получения больших значений газочувствительности [1]. Получаемые таким методом датчики уже могут работать и успешно применяются в различных областях жизни, но их параметры требуют дальнейших улучшений. Максимальное значение газочувствительности системы $ZnO–Fe_2O_3$, полученной авторами [2], достигало значения 10^5. Для лучшего понимания и контроля процессов, происходящих в золь-гель системах, необходимо изучение и понимание теории фракталов и перколяции. После того как были сформулированы основные положения концепции фракталов [3], резко повысился интерес к ее применению для описания подобных нерегулярных структур и явлений. Именно понимание фрактального аспекта золь-гель технологии и процессов развития и эволюции фрактальных агрегатов и перколяционных кластеров является залогом предсказуемости параметров создаваемых датчиков. Работая вблизи порога протекания, можно получать датчики с наилучшими характеристиками.

Одним из продуктивных способов изучения фракталов является компьютерное моделирование. Одной из первых моделей, изображенной на рисунке 1, была решетчатая модель Виттена-Сендера (диффузионно-

ограниченная агрегация), если траектория движения частицы задается хаотическим броуновским движением, то это нерешетчатая модель [4,5]. Развитие модельных представлений привело к так называемой модели кластерно-кластерной агрегации, описывающей второй этап фрактализации. Кластер, образованный на первом этапе, находится (в среднем) в объеме, ограниченном диффузионными параметрами. Но эти кластеры, если они недостаточно массивны, также совершают броуновское движение и имеют возможность сталкиваться и агрегировать друг с другом. На первом этапе образовывается большое число малых кластеров, и дальнейшие их движение, второй этап, и столкновение приведет к их объединению в один большой кластер. Образованные в результате этого столкновения фрактальные кластеры будут более рыхлыми по сравнению с кластерами в модели Виттена-Сэндера, ибо при таком способе образования кластера будет труднее заполнить пустоты.

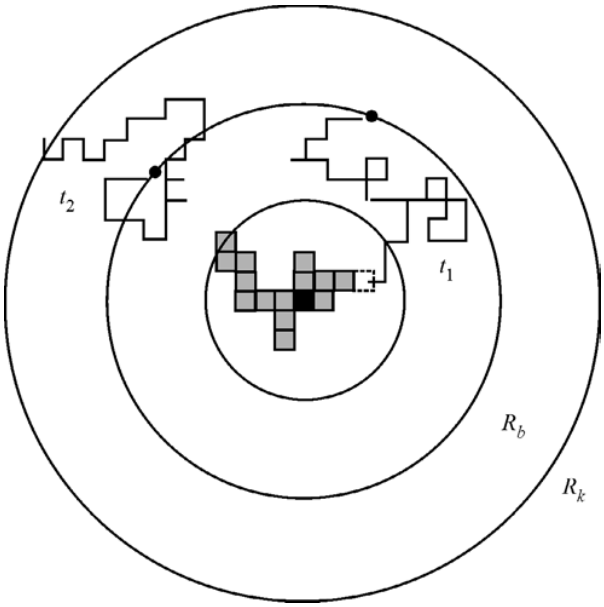


Рис. 1. Классическая модель Виттена-Сэндера (t_1 и t_2 — возможные траектории частиц).

Золь-гель метод позволяет получить слои с разной пористостью (фрактальной размерностью), а, следовательно, и различной адсорбционной способностью к детектируемым газам.

Список литературы

1. Мошников В. А., Налимова С. С., Селезнев Б. И. Газочувствительные слои на основе фрактально-перколяционных структур //Физика и техника полупроводников. — 2014. — Т. 48. — №. 11. — С. 1535-1539.

2. С.С. Карпова, В.А. Мошников, С.В. Мякин, Е.С. Коловангина. ФТП, 47 (3), 369 (2013).
3. Золь-Гель Технология Микро - и нанокомпозитов: Учеб. Пособие/ Мошников В.А., Таиров Ю.М., Хамова Т.В., Шилова О.А. — СПб.: Издательство "Лань", 2013. — 304 с.
4. Эфрос А. Л. Физика и геометрия беспорядка. - М.: Наука, 1982. -176 с.
5. Ханикаев А.Б., Грановский А.Б., Клерк Ж.-П. Влияние распределения гранул по размерам и притяжения между ними на порог перколяции в гранулированных сплавах// Физика твердого тела, 2202, том 44, выпуск 9.

Исследование спектров фотолюминесценции нанокомпозитов системы SIO_2 — SNO_2, модифицированной фуллеренолами $C_{60}(OH)_n$ (N = 22-24)

М.С. Истомина, Е.В. Мараева, В.С. Левицкий

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

Нанокомпозиты золь-гель системы SiO_2 — SnO_2 являются перспективными материалами, используемыми в качестве пористых матриц для квантовых точек сульфида свинца $C_{60}(OH)_n$ (n = 22 - 24).

Актуальной задачей является исследование возможности модифицирования золь-гель системы на основе диоксида кремния и диоксида олова путем введения водорастворимых форм фуллерена — фуллеренолов $C_{60}(OH)_n$ (n = 22 — 24).

Традиционно для синтеза пористых материалов с различной иерархией пор используется золь-гель технология [1]. В данной работе была получена серия образцов в системе «диоксид кремния — диоксид олова» с различным соотношением компонентов (в мольных процентах): 90% SiO_2 — 10%SnO_2, 50% SiO_2 — 50%SnO_2 и 100% SiO_2. Далее, из серии образцов получили слои, используемые в качестве пористых матриц для квантовых точек PbS.

Фуллеренолы являются одними из наиболее важных и перспективных фуллереновых производных, которые могут быть легко синтезированы с перестраиванием свойств путем варьирования числа гидроксильных групп. Анализ литературы демонстрирует широкий спектр возможностей применения фуллеренолов в таких сферах как медицина, фармакология, материаловедение [2-3].

На рис. 1 приведены спектры фотолюминесценции квантовых точек сульфида свинца, нанесенных на полученные золь-гель слои. Квантовые точки наносились методом центрифугирования, их распределение по подложке оказалось неоднородным. Для измерения спектров фотолюминесценции использовался спектрометр LabRam HR800 (ФТИ им. Иоффе РАН), совмещенный с конфокальным микроскопом (производство фирмы Jobin-YvonHoriba), что позволило измерить оптические свойства на разных участках образцов, неоднородных по составу.

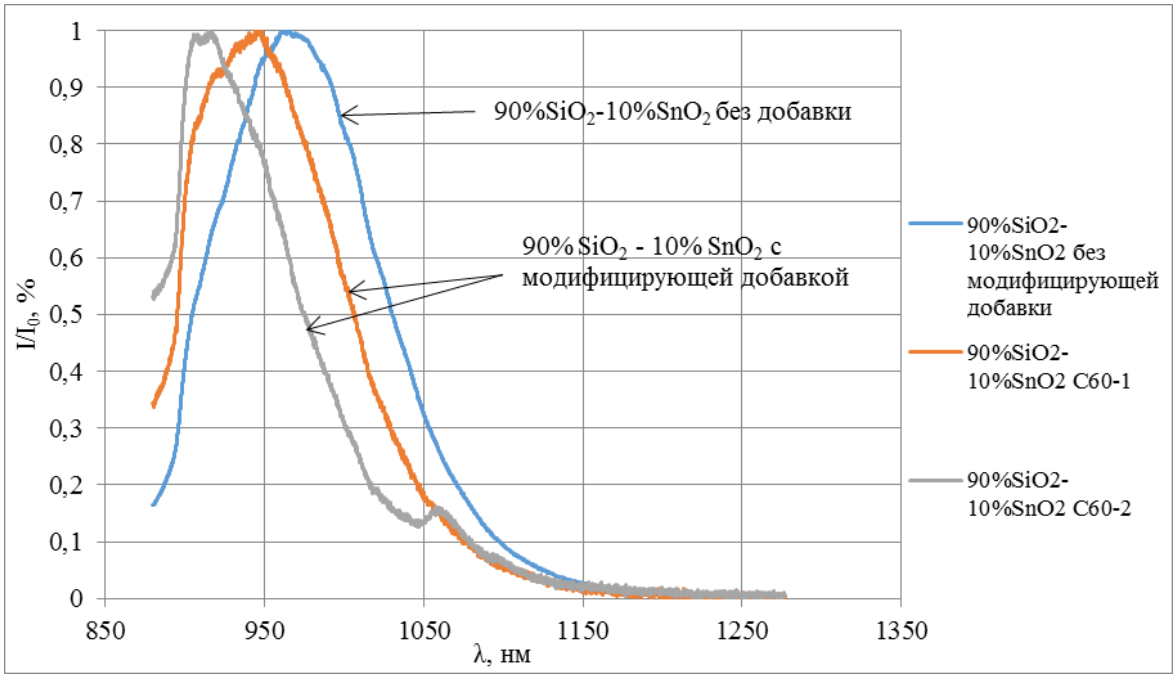


Рис.1. Спектр фотолюминесценции квантовых точек сульфида свинца, нанесенных на образцы состава 90% SiO_2 — 10% SnO_2, полученные с добавлением фуллеренолов (1 и 2 — фокусировка луча на разных агломератах одного образца) и без модифицирующей добавки.

Как видно на рис. 1, в случае нанесения квантовых точек PbS на подложку нанокомпозита SiO_2 - SnO_2, модифицированного водорастворимыми фуллеренолами, наблюдается смещение положения максимума фотолюминесценции в более коротковолновую область. Такое смещение может быть связано с изменением размеров квантовых точек в результате того, что пористая подложка выступила в качестве избирательной матрицы, т.е. были отобраны квантовые точки меньшего размера.

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ № 16.2112.2014/К (проектная часть).

Список литературы:

1. Мошников В.А., Грачева И.Е., Аньчков М.Г. Исследование наноматериалов с иерархической структурой, полученных золь-гель методом. //Физика и химия стекла, 2011. — Т. 37. — №5. — С.672-684.
2. Semenov K.N., Charykov N. A., Keskinov V. N. Fullerenol synthesis and identification. Properties of the fullerenol water solutions //Journal of Chemical & Engineering Data. — 2011. — Т. 56. — №. 2. — С. 230-239.
3. Semenov K. N. et al. Physico-chemical properties of the fullerenol-70 water solutions //Journal of Molecular Liquids. — 2015. — Т. 202. — С. 1-8.

Исследование влияния фталоцианина меди на транспорт носителей заряда в многослойной структуре на основе полимерного диэлектрика

Г.И. Кадырова, В.Р. Гайнетдинов

Башкирский государственный педагогический университет, г. Уфа

Фталоцианины и особенно их комплексы в последние годы привлекают все большее внимание многих исследователей из-за ярко выраженных электрохромных и полупроводниковых свойств, а также уникальных спектральных характеристик, открывая всё новые области их применения. Фталоцианин меди (CuPc) является одним из наиболее используемых материалов для исследований органических элементов. Он хорошо подходит для тонкопленочных солнечных элементов из-за высокой химической стабильности и равномерного роста. CuPc обычно играет роль донора электронов в солнечных батареях на донорно/акцепторной основе.

В работе [1], CuPc применялся в качестве фотогенерационного слоя для измерения подвижности носителей заряда времяпролетным методом. Однако в данной работе не было изучено влияние CuPc на электрофизические свойства исследуемой структуры. Поэтому целью данной работы является изучение влияния CuPc на свойства структур ITO- полидифениленфталид (ПДФ) — CuPc - Al.

У полученных экспериментальных образцов были измерены вольтамперные характеристики (ВАХ) с помощью универсального прибора KEITHLEY 2400, и измерительной ячейкой, к которой были подключены образцы. Источником света служила ксеноновая лампа.

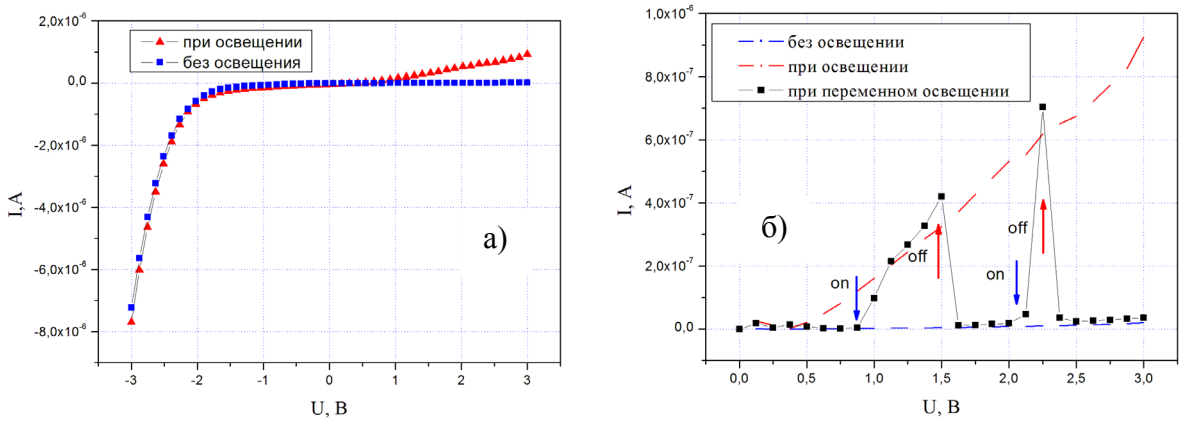


Рис.1. ВАХ для ITO-CuPc-Al:
а) при освещении и без освещения; б) при переменном освещении.

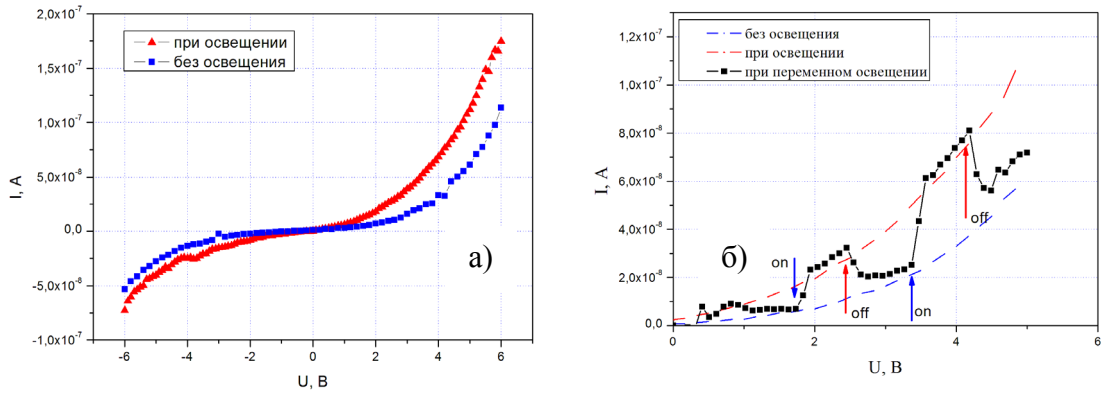


Рис.2. ВАХ для ITO-ПДФ-CuPc-Al:
а) при освещении и без освещения; б) при переменном освещении.

На рис. 1 и 2 показаны ВАХ экспериментальных структур измеренные в отсутствии и при наличии освещения. Из рис. 1а видно, что в случае структуры ITO-CuPc-Al ВАХ имеет форму характерную для диода, токи при прямом смещение много больше токов при обратном смещении. Однако в случае структуры ITO-ПДФ-CuPc-Al ВАХ становится симметричной. Такое существенное изменение говорит о том, что улучшается инжекция дырок из ITO в CuPc. В тоже время, как показано на рис. 1а, фоточувствительность на экспериментальном образце ITO-CuPc-Al наблюдается только при обратном смещении, в то время как на образце ITO-ПДФ-CuPc-Al при обоих смещениях.

В настоящей работе была изучена кинетика изменения тока при включении и выключении освещения. На рис. 1б видно, что образец ITO/CuPc/Al переходит из одного состояния в другое без задержки и длительной релаксации. Однако как видно на рис. 2б в случае образца ITO-ПДФ-CuPc-Al наблюдается некоторая инертность, связанная с длительным переходом образца из состояния соответствующего освещению в состоя-

нии темнового измерения. Такое поведение может быть связано с ловушечными центрами, присутствующими в полимерной пленке, либо скоплением носителей заряда на границе CuPc/ПДФ.

Список литературы:

1. Тамеев А.Р. Влияние избыточного давления на дрейфовую подвижность носителей заряда в пленках полидифениленфталида / А.Р. Тамеев, Р.Г. Рахмеев, В.Р. Никитенко, Р.Б. Салихов, А.А. Бунаков, А.Н. Лачинов, А.В. Ванников // Физика твердого тела. — 2011. — Т. 53. Вып. 1. — С.182-186.

Разработка лабораторного стенда термозондового анализа полупроводниковых материалов

Ю.П. Лепескин, Н.В. Пермяков, В.А. Мошников

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

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам развития мемристоров [1-3]. Основным достоинством «резисторной памяти» является энергонезависимость, устойчивость к радиационному излучению, а также возможность создания нейронных сетей [4].

Среди материалов, применяемых для мемристоров, используются так называемые фазы переменного состава [5], в которых изменение электрофизических свойств от высокооомного до низкоомного происходит путем изменения концентрации электрически активных собственных компонентов и вакансий. К таким материалам относятся оксиды титана, ванадия, меди, тантала, олова и др., а также твердые растворы на их основе.

Существует несколько способов формирования элемента резисторной памяти. Наиболее часто используется способ формирования проводящего канала.В канале имеется высокая концентрация носителей заряда, созданная приложением локального электрического поля. Далее, изменяя полярность происходит разрыв проводимости в канале (положение выключено). Далее для перехода во включенное состояние требуется приложить электрическое поле в направлении, замыкающем канал. Для исследования проводящего канала, тестирования концентрации носителей заряда в локальных областях и анализа переходных процессов от состояние «выключено»

— до «включено» актуальна разработка зондовой установки, обеспечивающей решение выше перечисленных задач.

Целью настоящей работы являлось создание компактной лабораторной установки с блоками, изготовленными по 3D технологии. Сущность методик получения информации основана на использовании методических разработок по развитию нестационарного термозондового метода [6].

Цель данной работы — разработать установку и автоматизировать измерения термо-ЭДС и коэффициента термо-ЭДС полупроводниковых материалов.

В качестве термозонда была использована игла диаметром 1мм. Термозонд закреплен к нагревательному блоку, в котором расположены нагреватель и терморезистор (Epcos B57560G номиналом 100 кОм). Использован мультиметр Tektronix DMM 4020 5-1/2

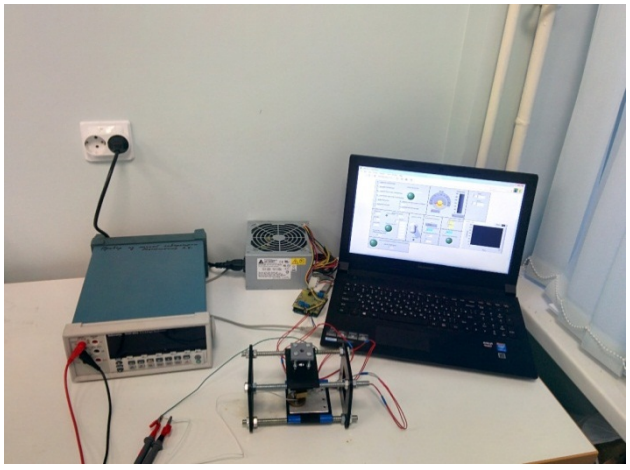


Рис.1 Внешний вид установки

В результате исследований был разработан лабораторный стенд (рис.1) термозондового анализа. Был изготовлен термозонд. Создана плата расширения для микроконтроллера Arduino, которая считывает температуру терморезистора, управляет нагревателем и усиливает входной сигнал. Написано программное обеспечение в среде LabView, которое позволяет автоматизировать измерения. И сохранить результат в текстовый файл.

Список литературы:

1. Chua, L. Resistance switching memories are memristors / L. Chua // Applied Physics A. — 2011. –Vol. 102. — №. 4. — P. 765-783.

2. Memristors: Nanoscale Resistive Switching in Amorphous Perovskite Oxide (a-SrTiO3) Memristors / H. Nili et al. //Advanced Functional Materials. — 2014. — Vol. 24. — №. 43. — P. 6733-6733.

3. Gale, E. TiO2-based memristors and ReRAM: materials, mechanisms and models (a review) / E. Gale //Semiconductor Science and Technology. — 2014.– Vol. 29. — №. 10. — P. 104-110.
4. Training and operation of an integrated neuromorphic network based on metal-oxide memristors / M. Prezioso et al. //Nature. — 2015. — Vol. 521. — №. 7550. — P. 61-64.
5. Ормонт, Б. Ф. Соединения переменного состава [Текст] / Б.Ф. Ормонт. — Л. : Химия. Ленингр. отд-ние, 1969. — 48 с.
6. Мошников, В.А. Локальные энергетические воздействия в исследовании и получении полупроводниковых твердых растворов [Текст]: автореферат дис. д-р ф.-м. н. / В.А.Мошников; СПбГЭТУ. — СПб, 1996. — 30 с.

Синтез и исследование плазмонных наночастиц типа ядро/оболочка

А.Перцова, Л.Б. Матюшкин

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

Серебряные наночастицы находят широкое применение в химии, биологии, электронике и оптоэлектронике [1]. Одной из важных особенностей, обусловливающих интерес к синтезу подобных частиц, является проявление у наночастиц серебра эффекта локализованного плазмонного резонанса (ЛПР), заключающегося в том, что под действием внешнего переменного электромагнитного поля, длина волны которого много больше размера частиц, электроны проводимости в частице колеблются, и на резонансной частоте происходит возбуждение плазмона.

Одним из следствий этого эффекта является локальное усиление электромагнитного поля, что может использоваться для повышения интенсивности люминесценции люминесцирующих объектов при их близком расположении относительно плазмонной частицы. Наибольшее увеличение при этом наблюдается на некотором оптимальном расстоянии между частицами. Одним из способов задать это расстояние является нанесение оболочки диэлектрического материала на металлическую частицу. В данной работе рассматривается коллоидный синтез структур Ag/SiO_2. Варьируя размер частиц серебра и толщину оболочки, можно добиться наибольшего повышения интенсивности люминесценции.

Так как для практического применения представляют интерес монодисперсные частицы, в работе рассматриваются методы получения сереб-

ряных частиц с узким распределением по размеру. Для получения металлических наночастиц требуется как минимум два компонента: источник металла и его восстановитель. Одна из проблем получения монодисперсных частиц серебра классическими методами заключается в медленном восстановлении ионов серебра, что приводит к вторичной нуклеации, вызывающей широкое распределение частиц, как по размеру, так и по форме. Использование более сильного восстановителя, ускоряющего процесс восстановления ионов серебра, позволяет получить частицы с малым отклонением по размеру. Также для получения частиц квазисферической формы используют эффект избирательной адсорбции ионов галогенов [2], стабилизирующих грани {111}.

В данной работе оболочка SiO_2 наносилась модифицированным методом Штобера [3], представляющим пример золь-гель технологии [4]. Из полученных спектров поглощения по длине волны максимума ЛПР λ_{max} можно рассчитать [5] средний размер частиц d_c:

$$d_c = \frac{\lambda_{\max}[\text{нм}] - 382,6}{1,18}[\text{нм}].$$

Зная d_c и задавая толщину оболочки h_s, можно определить необходимое для создания оболочки количество прекурсора V_p:

$$V_p = \frac{M_c \cdot M_p}{M_s} \cdot \frac{\rho_s}{\rho_c \cdot \rho_p} \cdot \left(\left(1 + \frac{h_s}{d_c} \right)^3 - 1 \right) \cdot C_c \cdot V_{sol},$$

где нижними индексами p отмечены параметры, соответствующие прекурсору оболочки, c — параметры материала ядер, s — параметры материала оболочки (M — молярная масса, ρ — плотность, C — концентрация, η — процентный выход реакции, V_{sol} — объем раствора частиц серебра).

По предложенному выражению были определены объемы необходимых прекурсоров, синтезированы частицы Ag/SiO_2 с различными толщинами оболочки, исследованы их спектры поглощения. В результате были сделаны выводы о влиянии толщины диэлектрической оболочки на значение λ_{max} и форму спектра поглощения систем ядро/оболочка.

Список литературы:

1. Rycenga M. et al. Controlling the synthesis and assembly of silver nanostructures for plasmonic applications //Chemical reviews. — 2011. — Т. 111. — №. 6. — С. 3669-3712.

2. Li H. et al. Simple synthesis of monodisperse, quasi-spherical, citrate-stabilized silver nanocrystals in water //Langmuir. — 2013. — Т. 29. — №. 16. — С. 5074-5079.
3. Kobayashi Y. et al. Silica coating of silver nanoparticles using a modified Stöber method// Journal of colloid and interface science. — 2005. — Т. 283. — №. 2. — С. 392-396.
4. Максимов А. И. и др. Основы золь-гель-технологии нанокомпозитов //Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — 2007.
5. Ashkarran A. A., Bayat A. Surface plasmon resonance of metal nanostructures as a complementary technique for microscopic size measurement //International Nano Letters. — 2013. — Т. 3. — №. 1. — С. 50.

Получение тонких пленок оксидов переходных металлов методом послойного осаждения из водных растворов комплексных соединений

А.А. Решетникова, Л.Б. Матюшкин

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

Получение качественных тонких пленок — сложная многопараметрическая задача. В микро- и наноэлектронике известно множество методов формирования тонких пленок: магнетронное напыление, молекулярно-лучевая эпитаксия, жидкофазная эпитаксия, лазерное распыление и др. В настоящее время большое внимание уделяется методу последовательного осаждения из водных растворов, который в зарубежной литературе называют SILAR (successive ionic layer adsorption and reaction) [1]. Этот метод отличается от остальных простотой аппаратурного оснащения, возможностью использования комнатной температуры синтеза и получения пленки на подложках большой площади, высокой точностью регулирования толщины синтезируемого слоя, а также сравнительной легкостью задания химического состава конечной пленки путем изменения прекурсорных растворов. Эти особенности делают метод перспективным для создания солнечных элементов, оптоэлектронных приборов и газовых сенсоров [2].

Целью данной работы являлось получение тонких пленок оксидов переходных металлов. Метод базируется на проведении последовательного погружения подложки в водный раствор комплексных соединений. В результате на поверхности формируется слой синтезируемого вещества толщиной в единицы или доли нанометров. В отличие от стандартной методики ионного наслаивания, в данной работе слой оксида получается не за

счет взаимодействия двух типов ионов (как, например, для сульфидов металлов [3]), а в результате разложения комплексного соединения переходного металла при изменении условий (pH, температура и др.). Однако для решения этой задачи может использоваться та же самая установка [4].

В настоящей работе рассматриваются методики синтеза по описанной технологии оксидов переходных металлов на примере оксидов меди и титана. Можно заметить, что оба элемента являются 3*d*-переходными металлами, однако стоят в противоположных концах *d*-подгруппы, что приводит к существенному отличию их химических и физических свойств. К примеру, оксид меди CuO обладает существенно меньшей шириной запрещенной зоны, чем TiO_2.

В качестве источников металлов использовались комплексные соединения: тиосульфатокупрат натрия $Na[Cu(S_2O_3)]$ и цитрато-пероксо-комплекс титана $(NH_4)_8[Ti_4(C_6H_4O_7)_4(O_2)_4]\cdot 8H_2O$. Показано, что синтез пленок оксидов металлов возможен за счет переноса подложки между раствором комплексного соединения и раствора с кислотностью, существенно отличной от pH раствора прекурсора. Тонкие пленки оксидов металлов были синтезированы на стеклянных подложках и исследованы методами оптической спектроскопии, растровой электронной и атомно-силовой микроскопий.

Список литературы:

1. Химические методы получения керамических и полимерных наноматериалов из жидкой фазы: учебное пособие / А.В. Афанасьев и др.; под общ. ред. В.В. Лучинина и О.А. Шиловой. — СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. — 218 с.
2. Толстой В.П. Реакции ионного наслаивания. Применение в нанотехнологии // Успехи химии. — 2006. — № 75. — С. 183-199.
3. Andronov A.O., Matyushkin L.B., Hondryukov D.V. Cadmium sulfide thin films produced by successive ionic layer adsorption and reaction method // IEEE North West Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference. — 2016. — P. 18-21.
4. Пат. 156478 Российская Федерация, Автоматизированная установка для формирования тонкопленочных покрытий наноразмерной толщины методом молекулярного наслаивания / Матюшкин Л.Б., Хондрюков Д.В., Александрова О.А.; 21.04.2015.

Формирование и исследование гетероструктур ZnO: Al/CuO

А.А.Александрова , Н.А. Лашкова, А.И. Максимов

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

Развитие солнечной энергетики диктует особую актуальность исследований, направленных на улучшение эффективности гетероструктурных солнечных элементов. Одними из наиболее перспективных материалов для формирования гетеропереходов являются оксид цинка ZnO (полупроводник *n*-типа электропроводности с шириной запрещенной зоны E_g = 3,36 эВ) [1] и оксид меди CuO (E_g = 1,35 эВ, *p*-тип электропроводности) [2]. Легирование слоев ZnO алюминием позволяет эффективно использовать их в качестве прозрачных электродов фотовольтаических элементов нового поколения. Перспективы этих оксидов в основном связаны с экологической безопасностью и подходящей структурой энергетических зон.

В данной работе гетероструктуры ZnO:Al/CuO были получены методом спрей-пиролиза [3], который основан на термическом разложении аэрозоля, содержащего прекурсоры синтезируемого вещества. Данный метод позволяет получать однородные покрытия на больших площадях с высокой воспроизводимостью.

Реализация метода спрей-пиролиза основана на пульверизации с помощью пневматического аэрографа раствора, содержащего соли металлов, с осаждением на поверхность предварительно разогретых подложек.

Прекурсором оксида цинка служил водно-спиртовой раствор химически чистого дигидрата ацетата цинка ($Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$) с концентрацией 0,1 моль/л. Источником примеси являлся химически чистый гексагидрат хлорида алюминия ($AlCl_3 \cdot 6H_2O$). В качестве растворителя использовались водно-спиртовые растворы с соотношением объемных долей воды и изопропилового спирта 1:3. Однако спирты снижают кислотность раствора, поэтому во избежание образования хлопьев гидроксида цинка, образующегося в результате гидролиза соли, к раствору добавлялось небольшое количество ледяной уксусной кислоты (1 об.%), в результате чего раствор оставался прозрачным на протяжении процесса пироли-

за. Прекурсором для CuO был выбран дигидрат ацетата меди $Cu(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$.

В качестве подложек использовались стеклянные и кремниевые пластины. Температура пиролиза аэрозоля составляла $T_{ZnO:Al}$ = 350–400°C и T_{CuO} = 320°C. Время синтеза варьировалось от 15 до 420 с.

Морфологические особенности полученных гетероструктур были исследованы методами эллипсометрии (ЛЭФ-3М-1), атомно-силовой микроскопии (АСМ NTEGRA Therma NT-MDT) [4] и растровой электронной микроскопии (РЭМ TESCAN MIRA LMU). Методом спектрофотометрии (СФ-56) исследованы оптические свойства материалов.

Эллипсометрические исследования позволили оценить толщину полученных спрей-пиролизом затравочных слоёв ZnO:Al, которая составляет 15-100 нм в зависимости от времени синтеза, а также получить временные зависимости скорости роста слоёв и среднего показателя преломления.

Изучение структур с помощью АСМ показало, что шероховатость слоев ZnO:Al составляет 10-90 нм. С помощью РЭМ установлено увеличение размеров кристаллитов при увеличении времени синтеза. По данным спектрофотометрии был определен край собственного поглощения оксида цинка, легированного алюминием. Спектрофотометрия слоев оксида меди показала нелинейность возрастания оптического поглощения в коротковолновой части спектра.

Атомно-силовая микроскопия слоев оксида меди показала, что слой состоит из частиц CuO диаметром 30 нм. Изучение морфологии гетероструктурных систем ZnO:Al/CuO после осаждения CuO с помощью электронной микроскопии показало, что нанесение слоя оксида меди не приводит к изменению морфологии поверхности. Это является следствием равномерности покрытия поверхности слоем оксида меди.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-12-00327).

Список литературы:

1. Jagadish, S.J. Pearton. Zinc Oxide Bulk, Thin Films and Nanostructures: Processing, Properties, and Applications. Elsevier Science. 2006. p. 589.
2. Налимова С.С. Сенсорные и фотокаталитические свойства металлооксидных наноматериалов // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2014. 2. С.44-47.
3. Лашкова Н.А. и др. Бутлеровские сообщения. 2015. 42 (6). с. 48-53.

4. Мошников В.А., Спивак Ю.М. Атомно-силовая микроскопия для нанотехнологии и диагностики. Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2009. 79 с.

Имитационная модель тренировки дельфинов

Ю. Л. Семенова

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

В настоящее время моделирование применяется почти во всех областях науки. При помощи моделирования можно предположить, как устроен реальный объект на основе анализа поведения построенной модели. Это позволяет предсказывать поведение исследуемого объекта в заданных условиях. Исследуя такую модель, можно узнать, какой будет реакция объекта на управляющее воздействие. Полученный опыт применяется к реальному объекту.

Модель может имитировать реальный объект. Такие имитаторы используются для обучения, что позволяет сэкономить средства и другие ресурсы, например, при проведении военных учений. В случае неудачи при обучении на имитаторе последствия не столь значительны, чем, если бы учения проходили в реальной жизни.

Необходимость моделирования обусловлена также тем, что порой реальный эксперимент нецелесообразен, опасен или неосуществим в силу недостаточного технического оснащения.

Целью данной работы является создание обучающей программы, имитирующей тренировку дельфина и его обучение новым действиям. Программа предназначается для начального курса подготовки тренеров дельфинов. Замена реального обучения на начальном этапе позволит не только сэкономить ресурсы (подкрепляющий корм для животных, специальное снаряжение для проведения тренировок и др.), но и выявить пригодность кандидата для работы с животными, а также избежать возможности получения психических и физических травм животным и тренером в случае неправильного проведения тренировки ещё не опытным специалистом.

Так как мы работаем с биологическими объектами (животными), то данная система будет нелинейной. Для моделирования обучения дельфинов нужно подготовить набор обучающих данных, поступающих на вход и

получаемых на выходе. Результат ответной реакции дельфина на команду будет зависеть от следующих параметров: характера и возраста животного.

Исследования в различных областях науки начинаются с экспериментов над реальными объектами для изучения их свойств, обнаружения закономерностей и законов, которым они подчиняются. В рамках проведения работы на первом этапе был собран и проанализирован материал наблюдений поведения животных. На втором этапе, основываясь на проанализированных свойствах и закономерностях, была создана математическая модель их поведения, реакции и действий. Заключительным этапом стало создание обучающей программы для тренеров дельфинов.

В результате можно сделать вывод, что обучение тренера на начальной стадии при помощи программы, имитирующей тренировку дельфинов, имеет ряд преимуществ. Использование программы позволит без затраты ресурсов отобрать персонал, способный работать с животными, а также исключить обоюдный риск при контакте неопытного человека с животным.

Наряду с приведёнными преимуществами имеются и недостатки замены реального обучения тренера обучающей программой. Программа охватывает не все возможные варианты исхода событий, так как невозможно точно спрогнозировать поведение и адекватность животного. Кроме того, моделирование возможно лишь до определенного этапа в связи с тем, что в дальнейших тренировках возникает необходимость тактильного контакта с животным.

Список литературы:

1. Прайор Карен. Не рычите на собаку! — Москва: Селена +, 1995 — 86 с.
2. В.Л. Дуров Дрессировка животных — Москва: Универсальное издательство, 1924 — 529 с.
3. Ю.Б. Колесов, Ю.Б. Сениченков Моделирование систем. Динамические и гибридные системы. Учебное пособие. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012 — 224 с.
4. Заенцев И.В. Нейронные сети: основные модели. — Воронеж: 1999 — 76 с.

Вольтамперная характеристика плоскопараллельных структур на основе титаната бария легированного марганцем

А.В. Степовой

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

Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры физики Павлова Ю.В.

Титанат стронция, титанат бария (ВТО) и их твёрдые растворы являются сегнетоэлектриками, наиболее широко использующимися в СВЧ микроэлектронике. Кристаллическая структура и состав материалов определяют диэлектрические свойства СВЧ приборов на их основе. Токи сквозной проводимости в этих материалах оказывает влияние на диэлектрические потери, диэлектрический гистерезис и на управляемость структур на основе титаната бария. Введение примесей марганца (Mn) позволяет управлять диэлектрическими характеристиками и электропроводностью ВТО. Однако имеющихся в литературе данных недостаточно для определения механизмов транспорта заряда, условий образования объёмного заряда и связанного с ним диэлектрического гистерезиса, роли контакта металл — ВТО.

Поэтому целью данной работы было исследование диэлектрических характеристик и электропроводности плоскопараллельных структур на основе ВТО.

В работе исследовались чистые образцы ВТО с толщинами 0,65 мм и 1,5 мм, а также образцы ВТО легированные марганцем в количестве 5%, 15% и 20% толщиной 0,65 мм.

Стенд для измерения вольт-амперных характеристик состоит из источника постоянного напряжения с регулировкой напряжения от 0 до 1000 В, вольтметра-электрометра В7-30 (диапазон измерения токов $10^{-15} \div 10^{-6}$А).

Экспериментальные исследования вольтамперных характеристик плоскопараллельных структур выполнялись на постоянном токе косвенным методом, по падению напряжения на измерительном резисторе, находящемся во входном блоке электрометра.

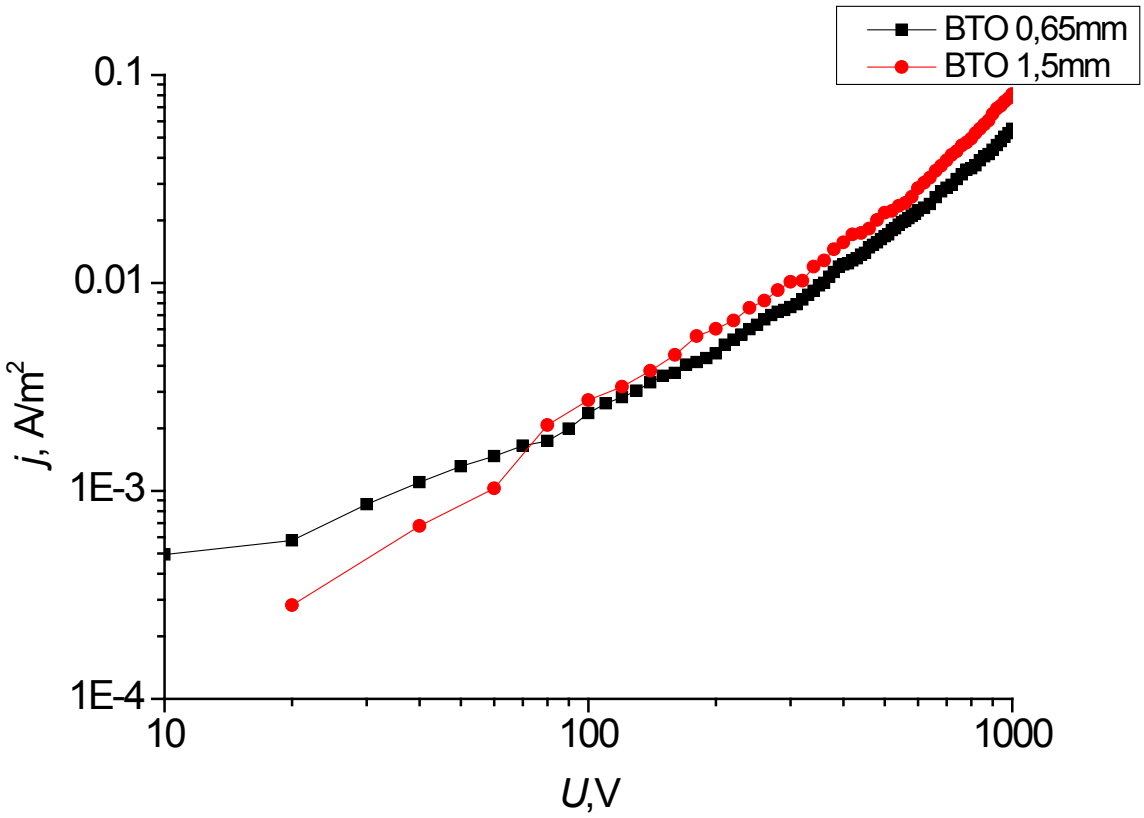


Рис.1. ВАХ образцов керамики ВТО: h = 0,65 мм (черный), h = 1,5 мм (красный).

Результаты исследования электропроводности образцов керамики ВТО с различной толщиной представлены в двойном логарифмическом масштабе на рис. 1. На графике хорошо видны участки ВАХ, соответствующие закону Ома. В исследованных структурах ВТО были обнаружены следующие механизмы проводимости: эмиссия Шоттки, эффект Пула-Френкеля.

Создание и изучение свойств органических светоизлучающих структур на основе коллоидных квантовых точек

П.О. Тадтаев, Л.И. Козлович, И.И. Михайлов

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

Коллоидные квантовые точки (ККТ) являются одним из самых перспективных материалов современной электроники. Включение ККТ в состав структур на основе органических и иных тонкопленочных слоев позволяет создавать гибкие и легкие светоизлучающие устройства, обладающие повышенной эффективностью и приемлемой стоимостью.

Одним из примеров подобного применения ККТ являются органические светоизлучающие диоды (OLED), повышенный интерес к которым в последнее десятилетие связан с их высоким потенциалом в области твердотельных источников света, а также дисплейных технологий. По сравнению с другими представленными на рынке технологиями, OLED-экраны позволяют получить гораздо меньшее энергопотребление, высокую скорость работы, а также меньшие габариты и вес устройств.

Структура OLED в общем случае — сложная система из множества тонких слоёв, расположенных между двумя электродами, один из которых делается прозрачным для вывода излучения через подложку. Простейшая структура состоит из эмиссионного слоя, заключенного между анодом и катодом; более сложные устройства содержат порядка 7-9 слоёв: анод, анодный буферный слой, дырочный инжекционный слой, дырочный транспортный слой, эмиссионный слой, электронный транспортный слой, электронный инжекционный слой, катодный буферный слой, катод и защитный барьерный слой [1]. Свойства OLED сильно зависят от выбора материалов и состава слоёв. Включение в структуру слоёв коллоидных квантовых точек позволяет увеличить эффективность люминесценции за счёт излучательной рекомбинации экситонов, а также даёт возможность управлять свойствами излучения OLED благодаря зависимости спектра излучения от размеров, состава и структуры КТ.

В работе были созданы многослойные органические структуры, содержащие дырочный транспортный слой TPD (N,N’-бис(3-метилфенил)-N,N’-дифенилбензидин) и эмиссионный/электронного транспортный слой Alq3 (трис-(8-гидроксихинолин)алюминия), заключенные между алюминиевым анодом и прозрачным катодом из ITO (оксид индия-олова). Нанесение слоёв материалов производилось методом вакуумного термического испарения при помощи установки ВУП-4 на стеклянные подложки. Слои наносились поочередно с применением специальных масок. Оптические и электрические свойства каждого из органических слоёв и структуры в целом исследовались с использованием 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.

Полученный спектр люминесценции слоя Alq3 практически симметричен с ярко выраженным максимумом на длине волны 530 нм и полуши-

риной спектральной линии порядка 90 нм. На спектре поглощения присутствует заметный пик на длине волны 390 нм. В случае слоя TPD спектр люминесценции несимметричен и обладает двумя максимумами на длинах волн 400 и 420 нм. Спектры соответствуют данным, представленным в литературных источниках. Это подтвердило возможность применения метода вакуумного термического осаждения с высокой скоростью формирования слоя маломолекулярного соединения для создания люминесцентных структур. Были измерены вольтамперные характеристики полученных структур, показавшие наличие в них эффекта выпрямления. Добавление в структуру массива ККТ CdSe/ZnS позволит расширить спектр люминесценции до длины волны 680 нм и управлять диапазоном излучения структуры за счет изменения состава массива.

Исследование свойств созданных структур позволило выявить возникающие при повышенных напряжениях эффекты сильного локального разогрева. Подобный разогрев приводит к разрушению, а в некоторых случаях — к частичному испарению органических слоев. Показано, что, в первую очередь, такие эффекты возникают вследствие неоднородности нанесения органических и металлических пленок. Ведутся работы по отработке технологии и улучшению качества нанесения слоев и структур, а также по уменьшению влияния разогрева на их работу.

Список литературы:

1. Tomova R., Petrova P., Buroff A., and Stoycheva-Topalova R. (2007), Organic light-emitting diodes (OLEDs) — the basis of next generation light-emitting devices, Bulgarian Chemical Communications, Vol. 39, No 4, pp. 247 -259, ISSN: 0324-1130.

Создание тонких пленок оксида цинка методом ультразвукового спрей-пиролиза

А.Г. Федосеев, А.С. Захаров, Л.Б. Матюшкин

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

В оптоэлектронике и фотовольтаике растет необходимость развития методов получения тонких пленок прозрачных проводящих оксидов (ППО), которые бы не уступали по характеристикам и цене уже используемым. Легированный алюминием оксид цинка (ZnO:Al) принадлежит к классу ППО и имеет ряд преимуществ перед другими представителями

этого класса: например, высокие химическую стабильность и механическую прочность, отсутствие заметной токсичности и распространенность источников цинка в земной коре в сравнении с популярным в настоящее время твердыми растворами оксидов индия–олова (ITO) [1]. Таким образом, задача получения тонких пленок ZnO:Al является актуальной.

Для нанесения тонких пленок ZnO может быть использованы разнообразные методы: магнетронное напыление, атомно-слоевое осаждение, химическое осаждение из паровой фазы, золь-гель процесс и спрей-пиролиз (СП) [2]. Последний из перечисленных методов синтеза тонких оксидных пленок является одним из наиболее удобных для получения пленок подложках большой площади и различной морфологии (в том числе гибких).

Первый этап методики заключается в приготовлении раствора (водный или водно-спиртовой раствор) источника цинка с добавлением в него легирующей примеси в виде растворимого соединения. На данном этапе относительно легко контролировать степень легирования пленки. Затем раствор распыляется в виде спрея на нагретую подложку, растворитель испаряется, образуется пленка оксида. В процессе распыления наиболее важными являются такие характеристики как средний размер капель и температура подложки. Эти два параметра определяют качество пленки и ее электрооптические свойства. Постоянство температуры подложки определяет однородность пленки по толщине и качество ее поверхности. Размер капель должен также иметь малый разброс. Исходя из описанных условий технологического процесса, была также рассмотрена разновидность СП под названием ультразвуковой спрей-пиролиз (УСП) [3].

УСП отличается способом распыления раствора. В этом методе распыление производится при помощи пьезоизлучателя с частотой колебаний от 100 кГц до единиц МГц. При этом можно за счет изменения частоты уменьшать размер капель, что позволяет наносить пленки при более низкой температуре, уменьшая энергозатраты [4]. Особенностью методики распыления является малый разброс по размеру и в целом меньший размер капель по сравнению со стандартным СП.

В настоящей работе предложены конструкции аппаратов для: 1) стандартной методики спрей-пиролиза и 2) нанесения тонких пленок методом УСП. Для первой конструкции получены результаты по синтезу тонких пленок ZnO:Al, охарактеризованы оптические и электронные свойства об-

разцов. Вторая установка в силу отличия принципа распыления существенно отличается по конструкции. Описана разработка узлов установки УСП, в частности блока термостатирования для поддержания оптимальной температуры процесса роста тонкой пленки.

Список литературы:

1. Лашкова Н. А., Максимов А. И., Матюшкин Л. Б., Мошников В. А., Рябко А. А., Сомов П. А., Туленин С. С. Локальные электрофизические свойства проводящих пленок ZnO //Бутлеровские сообщения. — 2015. — Т. 42. — №. 6. — С. 48-53.
2. Perednis D., Gauckler L. J. Thin film deposition using spray pyrolysis //Journal of electroceramics. — 2005. — Т. 14. — №. 2. — С. 103-111.
3. Lee J. H., Park B. O. Characteristics of Al-doped ZnO thin films obtained by ultrasonic spray pyrolysis: effects of Al doping and an annealing treatment //Materials Science and Engineering: B. — 2004. — Т. 106. — №. 3. — С. 242-245.
4. Rajan R., Pandit A. B. Correlations to predict droplet size in ultrasonic atomisation //Ultrasonics. — 2001. — Т. 39. — №. 4. — С. 235-255.

Механизм образования микрокапель под действием мощных заряженных потоков энергии

А.А. Архипов, М.А. Герасимов, М.В. Шимусюк, Р.В. Яшкардин

УНЛ «Импульсные электротехнологии»

Наноматериалы и покрытия на основе этих материалов находят все более широкое применение в различных областях науки и техники. Физические методы являются одним из основных методами получения этих материалов. Однако для широкого внедрения этих методов необходимо решить ряд задач, одной из которых является определения механизмов формирования микрокапельной фазы под действием интенсивных потоков энергии.

Не известность свойств неравновесных сред при высоких температурах, исключительная сложность процессов и малая их длительность делает практически невозможным создание достаточно точной математической модели формирования микрокапельной фазы. И чуть ли не единственным путём исследования процессов — экспериментальное исследование «следов», которые оставляют потоки энергии на поверхности электродов и распределений частиц, нанесённых на поверхность подложки.

Подобные исследования были проведены в рамках экспериментальных исследований диспергирования металлических электродов под действием энергии плазмы импульсного дугового разряда, движущегося с высокой скоростью по их поверхности.

Температура в области горения разряда достигает 25000 градусов, скорость перемещения разряда 100-300 м/с (время «привязки» разряда к области поверхности 10-5-10-4с). Основная часть энергии разряда расходуется на нагрев, оплавление и частичное испарение и диспергирование материалов электродов. В результате: поверхность электродов оказывается оплавленной на глубину 2-5 мкм. Из-за того, что область оплавления оказывается мала, скорость теплоотвода с этой поверхности оказывается исключительно высокой. Такая ситуация является причиной того, что поверхность, на которую уже не действует внешнее энергетическое воздействие, быстро остывает, и эта поверхность сохраняет особенности, характерные для рабочего режима. В частности, на поверхности электрода нам удалось с помощью АСМ исследований найти «замороженные» капли на разных стадиях их формирования. Один из полученных результатов приведён на рис.1.

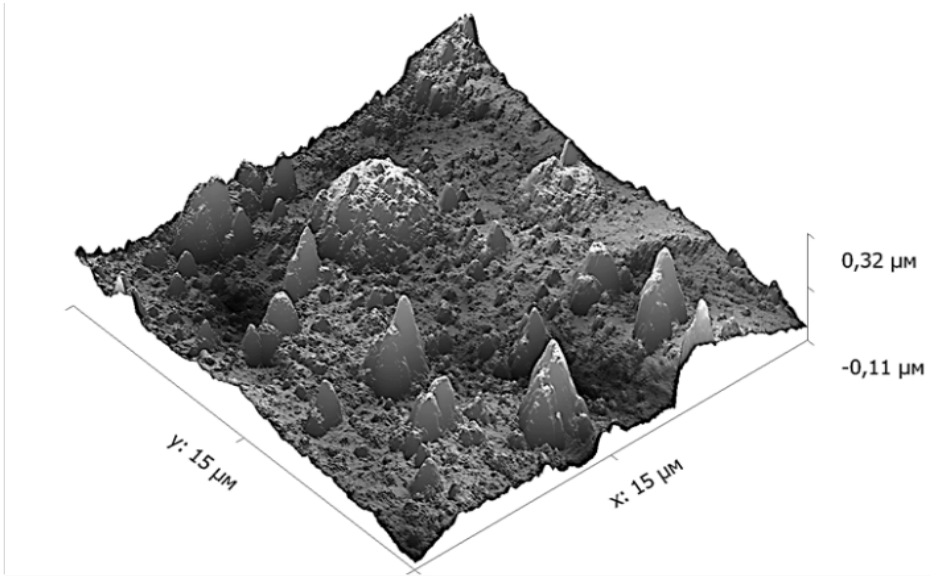


Рис. 1. АСМ изображение поверхности анода.

На рис. 1 приведено АСМ изображение поверхности электрода (анода). На изображении можно наблюдать сформировавшиеся капли металла не успевшие оторваться от поверхности. В ряде случаев, рядом с каплей можно наблюдать углубления, материал из которых под воздействием дав-

ления паров был выдавлен в сформировавшиеся рядом капли. Также на поверхности получившихся капель можно наблюдать образование большого количества более мелких капель.

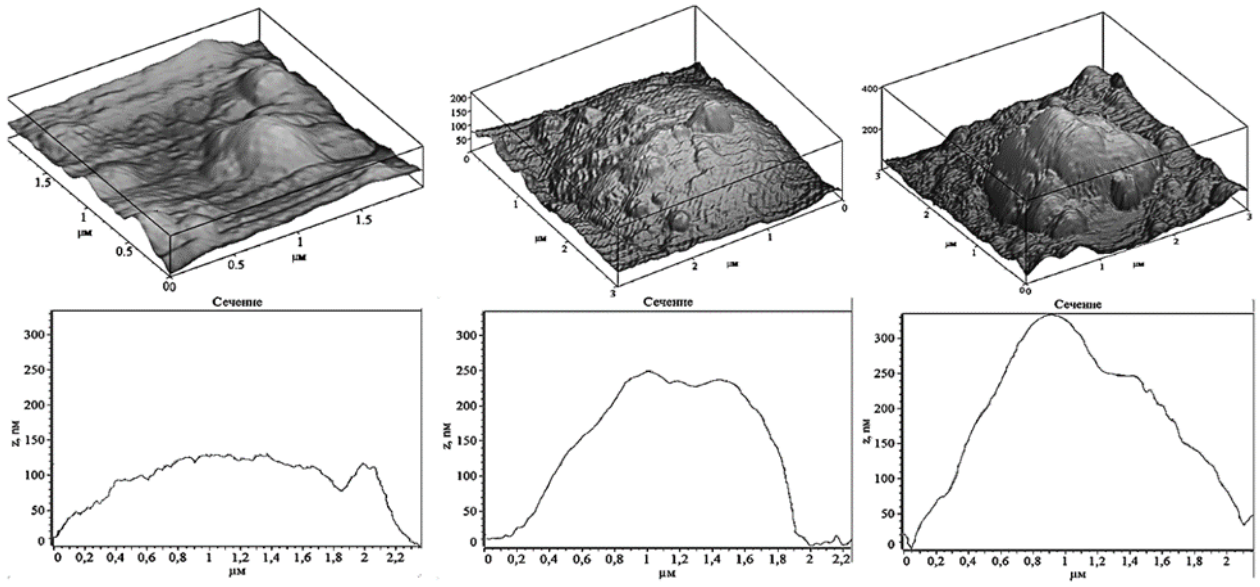


Рис. 2. Эволюция капли на поверхности электрода.

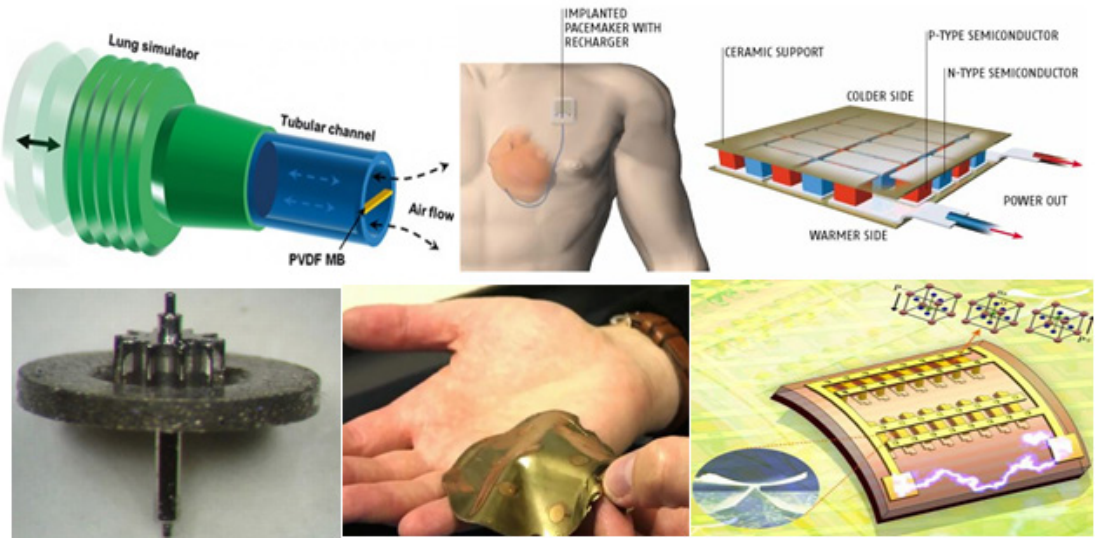
Подобная картина говорит, скорее всего, о том, что механизмом образования капель является Рэлееская неустойчивость. Различные этапы роста капли проиллюстрированы на рис. 2.

Different ways to get electrical energy from human body

Shahrukh Khanzada

Mehran University of Engineering and Technology

Now a days there are many Implanted medical devices like blood pressure sensors, drug-deliver pumps, glucose meters, or neurostimulators, all need just a tiny amount of energy to operate, but because they require either an external power source or a replaceable battery, they must be installed in easy-to-reach places in the body. Giving them their own power supply means they could be installed in more favorable positions to carry out their functions, and can eliminate periodic surgeries to install new batteries.



- Microbelt Device Generates Electricity from Human Respiration

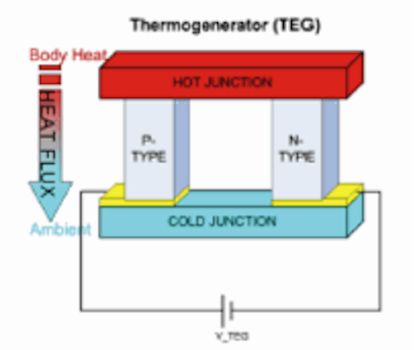
It is a small flexible device that can turn the airflow from human breath into electricity. The plastic micro belt is used made of polyvinylidene fluoride (PVDF) materialthat vibrates when passed by low-speed airflow & gives a piezoelectric effect & can generates power in order of milivolts.

- Vascular turbine generates power from blood flow

Our heart produces about 1 to 1.5 watts of hydraulic power. We can take

Advantage of this power by putting a tiny turbine inside a human artery, like an implantable hydroelectric generator. The device in its current iteration harvest 800 microwatts of electricity from blood flow. Today, the microturbines' use cases are limited to powering blood-pressure sensors, drug-delivery pumps and neurostimilulators all of which need a power source. In the future, the possibilities are more outlandish.

- Body Heat as Power Source



'Nano-generators' or the thermoelectric generators, and made from semi-conductor elements which are less heavy than the conventional energy sources like batteries. The device is a prototype Zinc oxide nanowire (a nontoxic agent), which extracts electrical energy simply from the change in temperature between a hot and a cold environment. It would normally produce only around 200 millivolt.

- Stretchable Solar Cells for Electronic Skin

Sheet of stretchable nano solar cells has been developed which can be stretched up to 30 percent of their normal size and snap back without any damage. A wavy, accordion-like microstructure with a liquid metal electrode allows the solar cells to stretch along two axes. These stretchable solar cells can be used is in fabrics for uniforms and other clothes.

- Flexible Piezoelectric Ceramic

Some flexible nanogenerator are introduced that converts small movements of the human body into electricity. It uses freely bendable piezoelectric ceramic thin film nano-material, which generates voltages when pressure or bending forces are applied such as wind, Vibration and sound, but also heart beats, blood flow and muscle contraction, can be used with this technology. Apart from medical applications, it might also be used to power personal mobile electronics or micro robots.

- Other Applications

We also utilize energy generated from body in our different personal mobile electronics like mobiles.

NASA also uses these sources of energy to fulfill the requirement of power in space.

Armed forces can use these sources of energy in different critical situation like war and disasters.

- Conclusion

In near future self-powered device may be attractive for places without electric grid. ‘To generate enough power for practical applications (such as in mobile phones, Implants etc), better material and system designs are needed, and we all of them really need to working on it.

References:

1. http://www.utilitydive.com/news/5-ways-you-can-use-the-human-body-to-generate-electricity/280709/
2. www.trendhunter.com

Исследование пористого кремния для биологического применения электрохимическими методами

Г.В. Алдашкин

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

Одно из важнейших направлений в фармакологии и биомедицине в целом — это разработка контейнеров для адресной доставки лекарств. В силу того, что пористый кремний (ПК) обладает биосовместимостью с человеческим организмом, физической и химической прочностью, биодоступностью (это количество вещества, доходящее до места его действия в организме), биодиградируемостью (химическое преобразование, не оказывающее токсического действия на ткани и клетки, с дальнейшим выведением из организма), он замечательно подходит для создания наноконтейнеров [1]. В процессе получения ПК можно регулировать размер пор, тип пор, морфологию частиц и геометрию поверхности. Изменяя эти характеристики можно варьировать ёмкость ПК и степень его биодоступности для различных лекарственных средств [1].

Электрохимический метод, который позволяет найти потенциалы осаждения транспортируемых веществ в ПК называется вольтамперометрия. Метод вольтамперометрии представляет собой целую группу методов, направленных на изучение кинетики процессов протекающих на исследуемых электродах с изменением на них потенциала во времени (по линейному или не по линейному закону) и измерением тока, протекающий через электрохимическую ячейку [2]. Другими словами, эти методы заключаются в получении вольтамперных зависимостей на границе поляризующий электрод/раствор электролита и их дальнейшей расшифровке [3]. Метод состоит в том, что на стационарный рабочий электрод подаётся потенциал, изменяющийся во времени по линейному закону ($E = \pm vt$). Начальный потенциал (Енач) выбирают таким, чтобы компоненты системы не окислялись и не восстанавливались. Затем фиксируют изменение тока, протекающего на рабочем электроде в зависимости от приложенного потенциала. Потенциал, подаваемый на рабочий электрод, как правило, имеет треугольную форму (см. рисунок 1) и может накладываться как однократно, так и многократно [4].

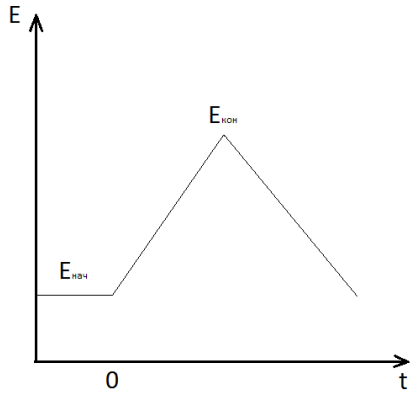


Рис. 1. Представление развёртки потенциала [7].

При малых скоростях поляризации (1...4 мВ/с) электродной системы запись вольтамперных кривых осуществляется обычно с помощью электронных потенциометров и такие методы относятся к классической или стационарной вольтамперометрии (КВА) [5].

Поэтому целью данной работы является исследование электродов на основе пористого кремния методами циклической вольтамперомтерии и стационарных поляризационных кривых.

В работе обсуждаются результаты по получению образцов пористого кремния и исследованию потенциалов осаждения различных лекарственных препаратов из водных растворов в пористый кремний n- и p-типа проводимости.

Список литературы:

1. Исследование, технология и использование нанопористых носителей лекарств в медицине / В.Я. Шевченко, О.И. Киселева, В.Н. Соколова и др. — СПб :Химиздат, 2015 . — 367 с.
2. Будников, Г.К. Основы современного электрохимического анализа./ Г.К. Будников, В.Н. Майстренко, М.Р. Вяселев — М.: Мир, 2003. — 592 с.
3. Электроаналитические методы : Теория и практика / А.М. Бонд, Д. Инцельт, Х. Калерт и др. ; Ред. Ф. Шольц ; Пер. с англ. под ред. В.Н. Майстренко. — Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2006 . — 326 с.
4. Галюс З. Теоретические основы электрохимического анализа. М. 1974. 552 с.
5. Лукомский Ю.Я., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии. М.: Интеллект, 2008. — 423 с.

Синтез наноферритов

О.В. Арнт, А.Х. Жакина, А.К. Амирханова, З.Г. Аккулова, Е.П. Василец, Г.К. Кудайберген, А.Р. Рапиков

Институт органического синтеза и углехимии, Караганда

Актуальность получение ферритов различного состава связано с тем, что при отрицательных температурах эти материалы обладают более высокими магнитными характеристиками по сравнению с магнетитом. Ферриты также, как и магнетиты не очень стабильны в условиях окружающей среды и очень легко окисляются. Размер, форма и состав ферритных наночастиц в большой степени зависит от типа соли, которая используется, соотношения (Fe^{3+}/Me^{2+}), температуры реакции, значения pH, типа основания, скорости перемешивания, последовательности добавления.

Из литературных данных известно [1-3], что целесообразно использовать 10% растворы солей, вливать их в раствор щелочи и проводить быструю нейтрализацию солей избытком щелочи, так как при медленном сливании разбавленных растворов образуются крупные частицы. Предотвратить образование гидроксида железа и другие нежелательные побочные процессы можно, используя хлориды, а не сульфаты.

Нами получены ферритты состава $NiFe_2O_4$ по общеизвестной методике соосаждения солей Fe^{2+}и Fe^{3+}, с полной заменой ионов двухвалентного железа ионами Ni^{2+} при соотношении $FeCl_3$:$NiCl_2$ _ 2:1. В качестве осадителя использован аммиак, а ПАВ — олеиновая кислота.

Электронно-микроскопическое исследование синтезированного феррита на растровом электронном микроскопе (РЭМ) MIRA 3 фирмы TESCAN проводилось при ускоряющем напряжении 20 кВ (рис. 1).

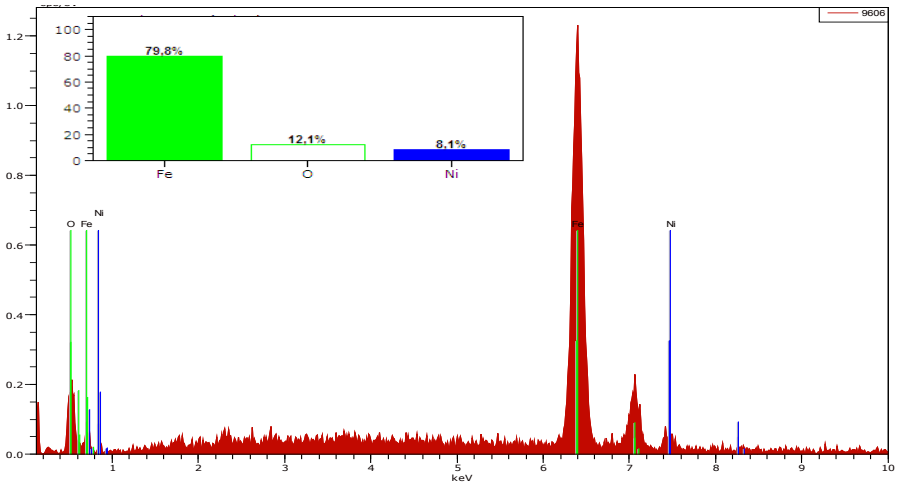


Рис.1.Результаты рентгеновского энерго-дисперсионного микроанализа элементного состава феррита — $NiFe_2O_4$.

При детальном изучении снимков растрового электронного микроскопа ферритов, полученных методом соосаждения в присутствии стабилизатора видны сгруппированные наночастицы размером от 10 — 25 нм (рис. 2).

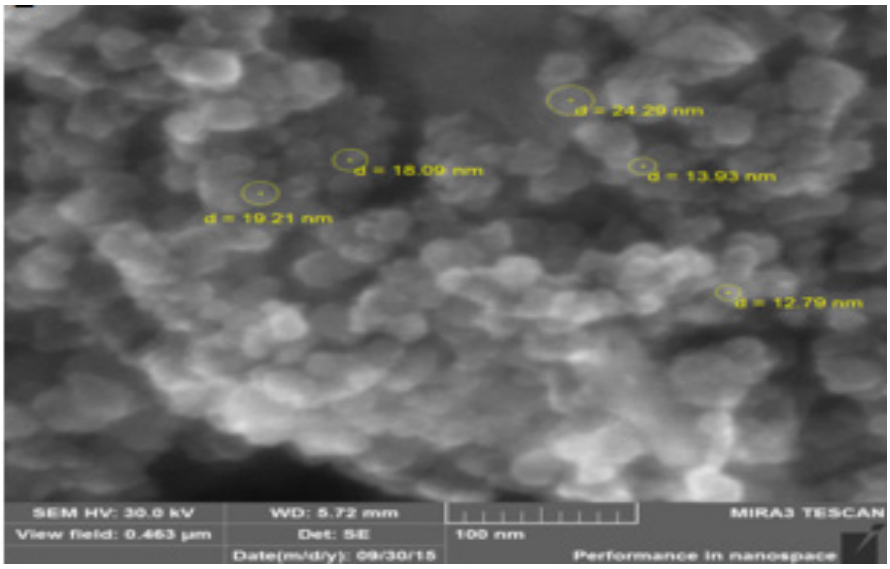


Рис. 2. Электронно-микроскопический снимок феррита — $NiFe_2O_4$ на РЭМ.

Частицы имеют сферическую форму, оболочка основы фиксируется строго между частицами феррита, связывая их в цепочки. Такое поведение магнитных материалов возможно в случае реализации взаимодействия частица-частица при толщине оболочки растворителя, соизмеримой с размерами частиц.

Использование аммиака при получении ферритов позволяет создать мягкие условия соосаждения оксидов, что благоприятствует протеканию реакции с образованием именно высокодисперсного феррита состава $NiFe_2O_4$, а образовавшаяся при этом соль аммония NH_4Cl при нагревании легко разлагается с выделением газообразного аммиака. Ионы Cl^- и растворимые соли удалялись многократной промывкой дистиллированной водой.

Список литературы:

1. Helgesen G., Svasand E., Skjeltorp A.T. Nanoparticle induced self-assembly // J. Phys.: Condens. Matter. — 2008. — Vol. 20. — P.204.
2. Диканский Ю.И., Вегера Ж.Г., Смерек Ю.Л., Аксенов А.В. Особенности электропроводности и теплопроводности магнитного наноколлоида с мелкодисперсным немагнитным наполнителем // Нанотехника. — 2009. — № 18. — С. 20–24.
3. 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.

Применение пористого кремния в медицине

В.В. Атаев

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

В середине 90-х годов было продемонстрировано, что пористый кремний с высокой степенью пористости может обладать фотолюминесцными свойствами. Технологические особенности пористого кремния подробно разобраны [1-3]. На основе пористого кремния создаются газочувствительные сенсоры. В последнее время особый интерес представляют его биоактивные свойства. Его можно использовать для загрузки, хранения, транспортировки и высвобождения лекарственных веществ. Использование адресной доставки препарата к пораженному участку организм, позволяет повысить эффективность лекарства и снизить побочный эффекты от него. Преимущества пористого кремния для применения в биомедицине заключаются в его биосовместимости, способности биодеградировать, кроме того материал является технологичным, а управлять его основными характеристиками возможно в широких диапазонах.

Лекарство может быть введено при помощи адсорбции лекарственных препаратов [4-6].

Важной особенностью взаимодействия лекарственных препаратов с пористыми носителями будут зависеть от технологических условий получений пористого кремния. Поэтому необходимо разработать методы состояния поверхности пористого кремния, одним из таких методов является метод спектроскопии импеданса. Этот метод позволяет наблюдать отклик образца при приложении переменного возмущения. Полученные результаты могут быть описаны на основе теоретического рассмотрения процессов и создания физической модели, при помощи конструирования электрической эквивалентной схемы, из простейших элементов, сопротивлений и емкостей, которые ведут себя наподобие ячейки.

Целью работы являлось получение образцов пористого кремния и анализ полученных образцов методом спектроскопии импеданса в присутствии паров изопропилового спирта.

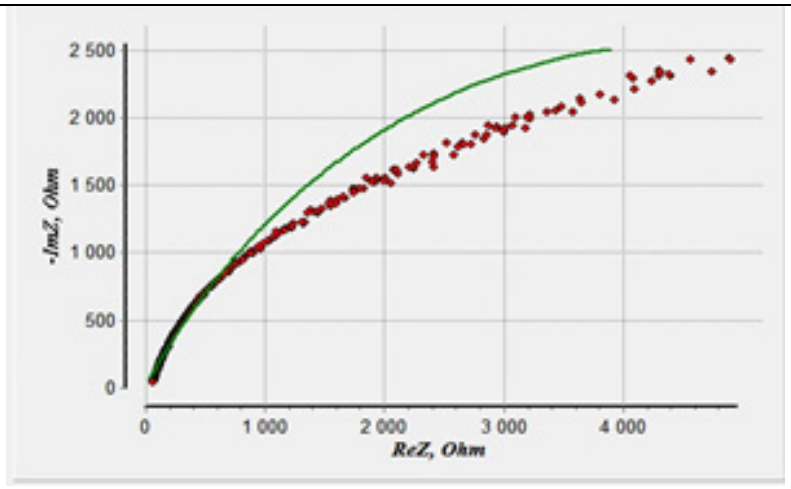
В ходе выполнения работы были получены образцы пористого кремния методом электрохимического анодного травления. Образцы были получены из монокристаллического кремния марки КДБ 10 (100) с помощью

метода Унно-Имаи (методика жидкостного контакта), время травления составило 10 мин., плотность тока анодирования — 20 мА/см^2.

Измерения методом спектроскопии импеданса слоев пористого кремния проводили как в воздушной среде, так в присутствии паров изопропанола. Измерения проводились на установке, собранной на кафедре. Результаты измерений методом спектроскопии импеданса анализировались и моделировались в программе EIS Spectrum Analyser. На рис. 1 приведены экспериментальные данные, на рис. 2 приведено моделирование данных. Возможная следующая интерпретация эквивалентной схемы: элемент CPE1, элемент постоянного угла сдвига фаз, возможно отвечает за микронеоднородности на границе «контактол/пористый кремний», а параллельно включенные R1 и CPE2 — это объемная проводимость по скелету пористого кремния.

Параметры моделей:

а



б

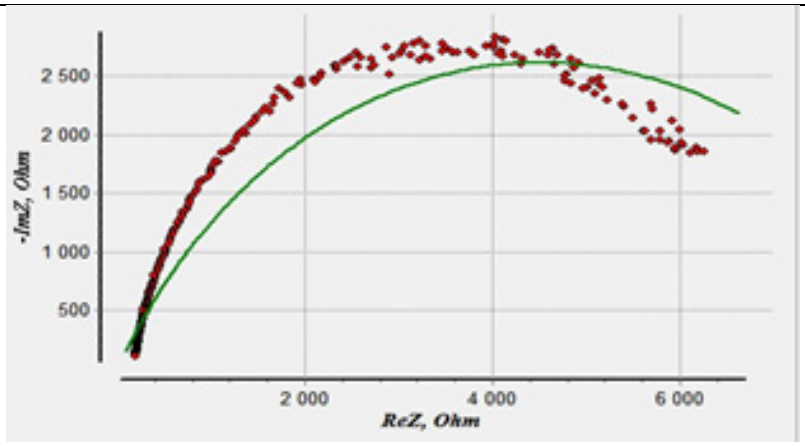


Рис 1. Моделирование образца КДБ 10:
а) в присутствии паров изопропанола; б) в воздушной среде.

Рис 2. Моделирование годографа импеданса.

Список литературы:

1. L Canham — Microporous Silicon // Handbook of Porous Silicon– Springer2014, pp 1–7/ DOI 10.1007/978–3-319–04508–5_12–1.
2. Мамыкин А.И., Ильин А.Ю., Мошников В.А. и др. Исследование структуры поверхности пористого кремния методом ядерного магнитного резонанса.//Физика и техника полупроводников. 1995. Т. 29. № 10. С. 1874–1877.
3. Мамыкин А.И., Мошников В.А., Ильин А.Ю. Магнитно-резонанская спектроскопия пористых квантово-размерных структур. //Физика и техника полупроводников. 1998. Т. 32. № 3. С. 356–358.
4. Мошников В.А., Спивак Ю.М. «Электрохимические методы получения пористых материалов для топливных элементов»//Глава в монографии: Основы водородной энергетики/Под ред. В.А. Мошникова и Е.И. Терукова. 2-е изд. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. 288с
5. Зимин С.П. Пористый кремний — материал с новыми свойствами.//Соросовский образовательный журнал. 2004. Т. 8. № 1. С. 101
6. Травкин П.Г., Соколова Е.Н., Спивак Ю.М., Мошников В.А. Электрохимическая ячейка для получения пористых анодных оксидов металлов и полупроводников//патент на полезную модель RUS 122385 01.06.2012

Разработка методики синтеза и установки для аминирования аэросила, используемого в качестве носителя лекарственных препаратов

Д.В.Королев[1,4], К.Ю.Бабикова[2], В. Н. Постнов[1,3,4], Е. Б. Наумышева[1,3,4], К. Г. Гареев[2]

[1] «Северо-Западный Федеральный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова» Минздрава России

[2] Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

[3] Санкт-Петербургский государственный университет

[4] ООО «Кардиопротект»

Исследование направленной доставки лекарственных препаратов на основе наночастиц играет значительную роль в развитии современных медицинских технологий. В последние годы отмечается нарастание интереса к кремниевым наноматериалам в качестве транспортеров лекарственных средств. Как правило, иммобилизация действующих веществ осуществляется на аминированную поверхность. Известны два метода аминирования поверхности наночастиц. Первый из них предполагает реакцию в водных растворах или органических растворителях. Вторым является метод молекулярного наслаивания при газофазной модификации в кипящем слое [1]. Безусловно, второй метод имеет ряд существенных преимуществ, в первую очередь связанных с отсутствием эффекта агломерации наноматериалов.

В связи с этим целью работы являлась разработка и отладка режимов и технологического процесса функционирования опытной установки аминирования кремнеземных наночастиц, используемых для получения лекарственных препаратов направленной доставки.

В качестве наноматериала использовался AEROSIL-200 производства фирмы ДЕГУССА.

Разработана технология синтеза, включающая аминирование аэросила, синтез спейсера и сорбцию действующего вещества. Синтез производился в реакторе виброкипящего слоя при подаче газа-носителя (азота) с объемным расходом 1 л/мин. В качестве аминирующего агента выступали пары 3-аминопропилтриэтоксисилана. Синтез проводился при температурах 450 и 460 °С, при этом температура в испарителе составляла 220 °С.

Для определения содержания аминогрупп на поверхности образцов использовали титрометрическую методику. Навеску аэросила 100 мг заливали 1 мл. 0,1 N HCl. Проводили сорбцию в течение 1 часа, затем отделяли аэросил центрифугированием и титровали 0,1N NaOH с добавлением фенолфталеина [2]. Содержание аминогрупп составило 0,12 и 0,14 ммоль/г для температур синтеза 450 и 460°С соответственно. Тестирование полученного аминированного аэросила проводилось на кардиогрине. Для этого проводилась хемосорбция последнего из водного раствора концентрацией 1 мг/мл в течение 2-х часов. Отмытый от свободного кардиогрина препарат имел средний размер частиц 35,9 нм и позволял визуализировать инфаркт миокарда у лабораторных животных.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда поддержки инноваций (государственный контракт № 615ГС2/9131 от 04.08.2015).

Список литературы:

1. Галагудза М.М., Королев Д.В., Сонин Д.Л., Александров И.В., Постнов В.Н., Папаян Г.В., Шляхто Е.В. Пассивная направленная доставка лекарственных препаратов в ишемизированный миокард с использованием наночастицы кремнезема//Российские нанотехнологии, Т. 5– 2010– №11– 12. — С. 93.
2. Разработка, изготовление и испытание опытной установки для получения лекарственных препаратов из группы кардиопротекторов: Отчет о НИОКР.– СПб: ООО «Кардиопротект», 2015. — С. 2.

Солнечные элементы на основе коллоидных квантовых точек

Е.С. Байдина, А.В. Сегодник

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

В настоящее время активно ведется поиск альтернативных источников энергии, необходимость создания которых вызвана высокой экологической опасностью использования ископаемых энергетических ресурсов и постепенным истощением традиционной сырьевой базы. Если говорить о методах электрогенерации, базирующихся на возобновляемых источниках, то среди них одно из важнейших мест занимает солнечная энергетика [1].

Для превращения солнечной энергии в электричество наиболее широко применяют прямое фотоэлектрическое преобразование с помощью солнечных элементов, конструкции которых, в свою очередь, подразделяются на три поколения. К первому относятся элементы на основе моно- и поликристаллического кремния. Подобные солнечные элементы весьма дороги, что обусловлено жесткими требованиями к чистоте материала и сложной технологией производства. Ко второму поколению относят тонкопленочные СЭ на основе прямозонных полупроводниковых материалов, характеризующихся высоким оптическим поглощением в широком интервале длин волн. Так же к этой группе относят устройства, работающие на основе аморфного и нанокристалического кремния. Их стоимость ниже за счет применения более дешевой технологии, однако, и значение КПД также оказывается меньше.

Третье поколение солнечных элементов представляет наибольший интерес, так как стоимость генерируемой с их помощью электроэнергии

в ряде случаев может оказаться ниже стоимости энергии, производимой с помощью традиционных не возобновляемых источников [2].

В работе будут исследованы два типа конструкций солнечных элементов, относящихся к третьему поколению: оксидные СЭ, сенсибилизированные квантовыми точками, и СЭ с люминесцентными концентраторами излучения. В обоих типах конструкций в качестве фоточувствительных слоев будут использованы коллоидные квантовые точки (ККТ) — наночастицы на основе халькогенидов металлов, синтезированные методами коллоидной химии.

В основе оксидных СЭ лежит нанесенный на подложку слой высокопористого оксида титана TiO_2. На его поверхность методом центрифугирования осаждалась сенсибилизирующая смесь ККТ различного состава (CdS, CdSe, PbS и др.), позволяющая обеспечить расширенный диапазон поглощения фотонов. Замена применяемых обычно в подобных структурах красителей на ККТ позволяет увеличить эффективность работы СЭ и повысить срок его службы без существенного увеличения стоимости.

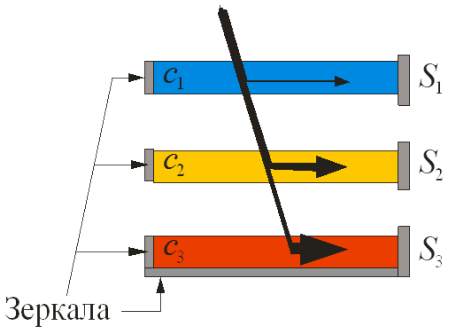


Рис. 6. Конструкция СЭ с люминесцентными концентраторами излучения.

Конструкция и принцип действия СЭ с люминесцентными концентраторами излучения эквивалентен каскадному элементу. В резервуарах концентраторов c1, c2 и c3, находится растворы ККТ различного состава. Подбор размеров частиц позволяет задавать диапазон поглощения каждого концентратора. Поглощенное излучение будет переизлучаться в узком диапазоне длин волн с полушириной спектра, в несколько раз меньшей, чем у солнечного излучения. Достигается концентрирование излучения по диапазону длин волн. Измерения показали, что для использованных ККТ переизлучение происходит с очень высоким квантовым выходом, достигающим для некоторых длин волн 80%. Концентрированное излучение собирается зеркалами и регистрируется фотоприемниками малой площади S с подобранными под люминесценцию максимумами поглощения. Расчеты показали, что КПД таких структур могут достигать 40%. Ведутся работы по оптимизации конструкции системы с целью повышения ее КПД.

Список литературы:

1. В.Ф. Гременок, М.С. Тиванов, В.Б. Залесский Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов//ISJAEE.-2009.-№1.-С.59-60.
2. Л.М. Николенко, В.Ф. Разумов Коллоидные квантовые точки в солнечных элементах//Успехи химии.-2013.-№82.-С.429-430.

Исследование керамики для создания средств с повышенными защитными свойствами

С.П.Малюков, Ю.В. Клунникова, Д.А. Бондарчук, Т.Х. Буй

Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета

В настоящее время для создания средств с повышенными защитными свойствами применяется керамика, способная создавать современные средства защиты высоких классов при незначительном весе [1–7].

Пластины керамики позволяют создавать основу защитных поверхностей от ударного воздействия. В качестве объекта исследования использовалась керамика на основе оксида алюминия (Al_2O_3) [8]. Для получения оптимального результата средств защиты разрабатывается слоистая композиционная структура: керамика, неорганический стекловидный диэлектрик системы PbO — B_2O_3 — ZnO и керамика. Неорганический стекловидный диэлектрик применяется как связующий элемент (вместо эпоксидного компаунда) для тройного спая керамика — стекловидный диэлектрик — керамика [5–7].

Механизм ударного воздействия на керамику включает три стадии. На первой стадии происходит хрупкое разрушение первого слоя керамической пластины. На второй стадии происходит существенное изменение кинетической энергии (до 50%) ударного взаимодействия, при прохождении первого слоя керамики и слоя неоднородного стекловидного диэлектрика. На третьей стадии происходит финишное изменение кинетической энергии, позволяющее эффективно работать все три слоя структуры керамика — стекловидный диэлектрик — керамика от ударного воздействия [1–4].

Показана перспективность применения слоистой композиционной структуры керамика — стекловидный диэлектрик — керамика. Опытным путем определена толщина стекловидного диэлектрика, позволяющая создать надежный спай между элементами структуры.

Результаты получены с использованием оборудования Научно-образовательного центра «Лазерные технологии», Центра коллективного пользования и Научно-образовательного центра «Нанотехнологии», студенческого конструкторского бюро «Элементы и приборы инерциальных навигационных систем робототехники» Института нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета (г. Таганрог).

Работа написана в рамках выполнения проекта ФЦП Россия № 14.587.21.0025.

Уникальный идентификатор проекта RFMEFI58716X0025.

Список литературы:

1. Бохан Ю.И., Толочко Н.К. Слоистые композиционные структуры средств защиты / Бохан Ю., Толочко Н. — Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing Германия, 2014.
2. Кобылкин И.Ф., Селиванов В.В. Слоистые композиционные структуры средств защиты / Кобылкин И.Ф., Селиванов В.В. — Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана Москва, 2014.
3. Григорян В.А., Кобылкин И.Ф., Маринин В.М., Чистяков Е.Н. Материалы и защитные структуры для локального и индивидуального бронирования / Григорян В.А., Кобылкин И.Ф., Маринин В.М., Чистяков Е.Н. — Изд-во ОАО НИИ стали, «РадиоСофт» Москва, 2008.
4. Толочко Н.К., Бохан Ю.И., Мозжаров С.Е. Конструктивные особенности броневых панелей на основе керамики / Толочко Н.К., Бохан Ю.И., Мозжаров С.Е. // Перспективные материалы, 2014. — №3.– С. 59–66.
5. Малюков С.П., Клунникова Ю.В., Нелина С.Н. / Методы оптимизации технологического процесса получения монокристаллов лейкосапфира // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск. — Таганрог. 2010. №7. — С. 210–216.
6. Malyukov S.P., Klunnikova Yu.V. Nano- and Piezoelectric Technologies, Materials and Devices (chapter: Physical and Technological Fundamentals of Sapphire Production for Electronics) — USA: Nova Science Publishers, 2013. — pp. 133–150.
7. Malyukov S.P., Klunnikova Yu.V. Advanced Materials (chapter: Complex Investigations of Sapphire Crystals Production) — Springer Proceedings in Physics. — Volume 152. — Switzerland, 2014. — pp. 55–69.
8. Малюков С.П., Клунникова Ю.В. Оптимизация производства отечественного сапфира Малюков С.П., Клунникова Ю. В. // Современная электроника. — Москва, 2015.–№6.– С. 24–31.

Композиты анилиноформальдегидного полимера с солями железа, их строение и электропроводные свойства

Я.А. Висурханова, А.А. Музаппарова, Н.А. Павленко

Институт органического синтеза и углехимии РК, г. Караганда, Казахстан

Железосодержащим полимерным композитам уделяется пристальное внимание благодаря их уникальным магнитным и электропроводным свойствам. Эти свойства во многом зависят как от химического строения полимерной матрицы, так и от природы и размерности формирующихся в матрице микро- и наночастиц железа или его оксидов. Анилиноформальдегидные полимеры (АФП) — термореактивные или термопластичные продукты взаимодействия анилина с формальдегидом с успехом применяются как химически стойкие материалы для изготовления деталей, работающих в растворах едкого натра; кроме того, эти полимеры обладают хорошими электроизоляционными свойствами.

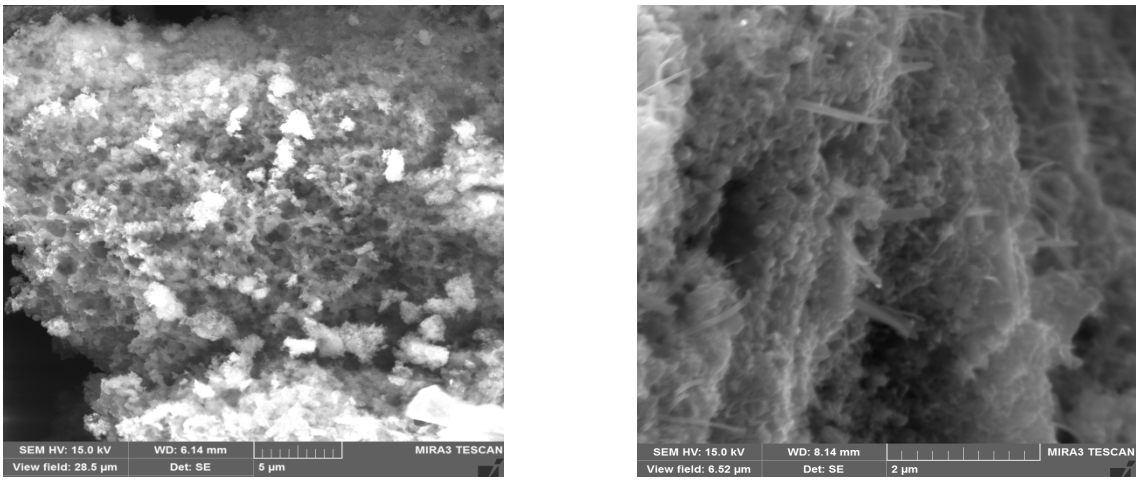
Целью данной работы было получение композитов на основе АФ-полимера и соли железа ($FeCl_3$, $FeSO_4$) без и с последующим восстановлением катионов железа и изучение их строения и электропроводных свойств.

Синтез АФ-полимера осуществлён по известной методике поликонденсации анилина с формальдегидом (в отношении 1:1,5) в солянокислой среде с последующим высаживанием полимера гидроксидом натрия. Железосодержащие АФП-композиты были синтезированы двумя способами: 1 — введение соли металла в реакционную среду в процессе поликонденсации, т.е. методом *in situ*, и 2 — термически обработанный АФ-полимер был использован в качестве сорбента для извлечения ионов железа из водных растворов его солей, т.е. «пропиточным» методом.

Следует отметить, что содержание железа в композитах АФП+$FeCl_3$ и АФП+$FeSO_4$ после их синтеза методом *in situ* полностью сохраняется и равняется количеству железа в исходно взятых его солях. Содержание железа в композитах, полученных методом пропитки, определяется степенью его извлечения из растворов солей, которая зависит как от исходной концентрации соли, так и от применения ультразвуковой обработки АФ-полимера, введения МУНТ и проведения стадии химического восстанов-

ления — все эти факторы способствуют повышению содержания железа в них.

Методами рентгенофазового анализа и электронной микроскопии (микроскоп TESCAN MIRA 3 LMU) было изучено строение и морфологические особенности композитов АФП+$FeCl_3$ и АФП+$FeSO_4$. Было установлено, что в фазовых составах композитов АФП+$FeCl_3$, синтезированных обоими способами без и с применением химического восстановления, присутствуют, главным образом, кристаллические фазы магнетита (Fe_3O_4). Однако в составе композита с меньшим содержанием железа АФП+$FeCl_3$(1:1) были идентифицированы также кристаллические фазы α-FeOOH (гетита), имеющие игольчатое строение (рис. 1б).



а) *б)*

Рис.1. Микроснимки композита АФП+$FeCl_3$(1:1)

Композиты АФП+$FeSO_4$, полученные методом пропитки, имеют в своём составе кристаллические фазы α-FeOOH и γ-FeOOH. Кроме того, все исследованные композиты обладают сетчатым или пористым строением (рис. 1а), что определяется природой отверждённого полимера.

Железосодержащие АФП-композиты были исследованы на проявление электропроводных свойств. По полученным значениям электропроводности, вычисленным на основе измеренных сопротивлений таблеточных образцов, все исследованные Fe-содержащие АФП-композиты можно разделить на две группы: с электропроводностью $0{,}27\cdot10^{-4}$ — $0{,}39\cdot10^{-4}$ и $0{,}28\cdot10^{-6}$ — $1{,}16\cdot10^{-6}$ $Ом^{-1}\cdot м^{-1}$. Причём большую электропроводность имеют композиты АФП+$FeCl_3$ и АФП+$FeSO_4$, синтезированные «пропиточным» методом. Очевидно, в аналогичных композитах, полученных *in situ*

методом, образующиеся частицы Fe-содержащих компонентов покрыты слоем полимера, снижающим их электропроводные свойства.

Влияние нанокатализаторов на процесс гидрогенизации модельного соединения — антрацен

А.М. Дюсекенов[2], Ж.С. Ахметкаримова[1], М.И. Байкенов[2], А.Т. Ордабаева[1], М.Г. Мейрамов[1]

[1] Институт органического синтеза и углехимии Республики Казахстан, Караганда

[2]Карагандинский государственный университет имени Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан

В настоящее время промышленная переработка твердых горючих ископаемых (уголь, сланцев, торфов) с целью получения моторных топлив и химических продуктов осуществляется в ограниченном объеме. Наиболее интенсивно работы по созданию технологии гидрогенизации III-го поколения осуществляются с участием нанокатализаторов. Во многих странах мира продолжаются интенсивно проводиться научно-исследовательские и опытно-промышленные работы по совершенствованию и улучшению показателей отдельных стадий процессов гидрогенизационной переработки углей и продуктов ожижения, что может значительно повысить эффективность метода в целом. Нами разрабатываются процессы по гидрогенизация смеси ряда модельных объектов (фенантрен, антрацен) в присутствии нанокатализатора. В статье нами представлены результаты изучения влияния нанокатализаторов β-FeOOH, Fe_2O_3 и Fe_3O_4 на степень конверсии антрацена. Нанокатализаторы были синтезированы в Синьцзяньском университете [1,2]. Размер наночастиц железа определяли на атомно-силовом микроскопе JSPM-5400 фирмы JEOL и лазерном определители размера частиц NanoS90, где было установлено, что размерность нанокатализаторов составляет: Fe_2O_3 _ 10-20 нм; Fe_3O_4 _ 5-15 нм; β-FeOOH- 90-100 нм. Гидрогенизацию антрацена проводили в реакторе высокого давления (автоклав) емкостью 0,02 л при начальном давлении газа 3,0 МПа, температуре 380-420°С, и продолжительностью 60 мин. Началом реакции считали момент достижения автоклавом соответствующей температуры 380-420°С. Результаты гидрогенизации антрацена с использовани-

ем трех синтезированных образцов нанокатализаторов приведены в таблице. В процессе гидрогенизации антрацена в температурном интервале 380-420^{0}С было установлено, что при температуре 420^{0}С в значительном количестве превалируют продукты гидрирования (см. табл.).

Таблица. Влияние нанокатализаторов и температуры на гидрогенизацию антрацена

Продукты реакции, %	**Выход продуктов реакции (%) в зависимости от температуры (^{o}C) и типа катализатора**								
	***β*-FeOOH**			**Fe_2O_3**			**Fe_3O_4**		
	380	400	420	380	400	420	380	400	420
Антрацен	38,24	7,03	-	34,82	4,95	-	39,3	4,01	0,33
1,2,3,4-тетра-гидроантрацен	45,88	16,04	-	55,75	37,97	23,54	7,84	30,03	18,79
9,10-дигидро-антрацен	14,78	23,67	59,4	9,13	43,87	55,55	45,56	51,56	64,73
Нафталин	0,1	4,67	2,15	0,3	4,31	2,43	3,9	2,72	3,08
1-метил-нафталин	0,3	39,03	33,0	-	2,72	11,04	3,4	3,23	7,53
1,6-диметил-нафталин	0,7	9,56	5,41	-	6,18	7,44	-	8,45	5,54

Таким образом, приведенные данные каталитической гидрогенизации антрацена позволяют нам заключить, что в процессе гидрогенизации антрацена в присутствии нанокатализаторов происходит изменение направления реакции гидрирования и деструкции антрацена, связанных с разрушением ароматических структур, образованием гидроароматических углеводородов и выделением активных радикалов атомов водорода, которые повышают реакционную способность соединений. Возможно, что гидрогенизационная обработка полиароматического соединения в присутствии нанокатализаторов это — непрерывный ряд последовательно протекающих и связанных собой реакций гидрогенизации и гидрирования ненасыщенных и насыщенных соединений, где полициклические углеводороды ступенчато гидрируются, а затем идет деструкция кольца, разрыв гидрированных соединений, что приводит к различным перегруппировкам и образованию активных радикалов и водорода.

Список литературы:

1. Baikenov M.I., Fengyun Ma, AkhmetkarimovaZh.S. Hydrogenation of model objects and the fraction of primary coal tar // European Applied Sciences. — 2013. — №3. — P.71 — 73.

2. Dilnur Talifu, Fengyun Ma, Yuan Xue. The heat recovery equipment design of primary furnace/exhaust gas: coil heat changer//The Herald KSU. — 2011. — №4 (62). — P.64-68.

Изучение естественного биораспределения магнитных наночастиц по количественному содержанию железа в органах лабораторных животных

Д. В. Королев[1], Е. В. Захарова[2], Н. В. Евреинова[1,3], Я. Г. Торопова[1], Н. А. Печникова[1,4], Гареев К. Г.[2]

[1] Северо-Западный Федеральный медицинский исследовательский центр им. В.А.Алмазова» Минздрава России

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

[3] Санкт-Петербургский государственный технологический институт

[4] Санкт-Петербургская государственная химико-фармакологическая академия

Идея применения магнитных наночастиц (МНЧ) как носителей лекарственных препаратов в последнее время подошла вплотную к своей реализации. Важным при этом является изучение их естественного биораспределения в живом организме.

В работе изучено естественное биораспределение МНЧ двух видов, это наночастицы магнетита (МНЧ1) с исходным размером 7-10 нм и удельной поверхностью 95 $м^2/г$ [1] и коллоидные частицы на основе оксида железа и диоксида кремния Fe_mO_n-SiO_2 (МНЧ2) размером 70 нм и удельной поверхностью 120 $м^2/г$ [2].

Исследование выполнено на 60 крысах-самцах стока Wistar массой 180-220 г. Осуществляли однократное внутривенное введение исследуемых образцов в латеральную хвостовую вену в объеме 2 мл. В работе использованы МНЧ двух видов: наночастицы магнетита (МНЧ1) и коллоидные частицы на основе диоксида кремния Fe_mO_n-SiO_2 (МНЧ2). Конечная концентрация исследуемых наночастиц в растворе, предназначенном для введения составляла 0,7 мг/мл. На дискретных точках 3, 6 и 24 часа после введения препаратов осуществляли забор органов (печень, мозг, селезенка, почки, легкие, сердце). Полученные образцы лиофилизировались при температуре -50°С при помощи лиофильной сушки ZirBus VaCo 2 (Германия).

Затем органы взвешивались, помещались в коническую плоскодонную колбу и заливались 20 мл концентрированной азотной кислоты и 20 мл дистиллированной воды. Препарат кипятился на колбонагревателе в течение 60 минут, что обеспечивало его полную минерализацию. Затем объем доводился до 100 мл. Полученный раствор анализировался на совместное содержание катионов Fe^{2+} и Fe^{3+} фотоколориметрическим методом в присутствии сульфосалициловой кислоты.

Содержание железа в органах на различных дискретных точках на фоне введения исследуемых видов МНЧ представлено на рис. 1.

Через 3 часа после введения МНЧ1 максимальное содержание железа отмечалось в селезенке, сердце, мозге и почках. Содержание железа в сердце и почках в течение всего эксперимента значимо не изменялось. Отмечалось выраженное снижение данного показателя в селезенке (на 87%) через 6 часов после введения. На момент окончания эксперимента максимальные значения составили в печени, сердце, почках и легких.

Через 3 часа после введения МНЧ2 отмечалось значительное накопление железа в мозге, которое, однако, снижалось до уровня референсных значений уже к 6 часам после введения наночастиц. В динамике эксперимента в группе с введением МНЧ2 времени отмечалось накопление железа в сердце и легких. Пик максимума для данного показателя для селезенки составил 6 часов.

Список литературы:

1. Исследование физических свойств и биодеградации наночастиц магнетита in vitro / Афонин М. В., Евреинова Н. В., Королев Д. В. и др.// Биотехносфера, 2015, № 2(38). — 32-34.

2. The Study of Aggregation Processes in Colloidal Solutions of Magnetite–Silica Nanoparticles by NMR Relaxometry, AFM, and UV-Vis-Spectroscopy/ Bogachev Yu.V., Chernenco Ju.S., Gareev K.G. et al. // Appl. Magn. Reson. 2014. V. 45. No. 3. — P. 329–337.

Исследование механизма деградации поверхности нанокомпозитных Al-Si-N покрытий при термическом отжиге

А.Р.Кадыров

Томский Политехнический Университет Систем Управления и Радиоэлектроники

Нанокомпозиционные покрытия — новое поколение материалов, состоящее, по крайней мере, из двух отдельных фаз с нанокристаллической (нк) и /или аморфной (а) структурой, или их комбинации. Нанокомпозиционные материалы, вследствие структурных особенностей, демонстрируют улучшенные или совершенно новые свойства, отличные от традиционных материалов, состоящих из зерен размером ≥ 100 нм. Главная особенность таких нанокомпозитов — повышенная твердость.

Добавление одного или нескольких элементов в основной материал — очень эффективный способ получить нанокомпозиционное покрытие с повышенной твердостью [1]. Именно поэтому, в течение последнего десятилетия ведутся активные исследования нанокомпозиционных покрытий типа нк-N/a-Si_3N_4.

Для таких нанокомпозитов максимальная твердость достигается в пленках с низким содержанием кремния (≤10 ат.) [2]. Однако, данные нанокомпозиты не обладают температурной стабильностью и стойкостью к окислению при температурах выше 1000°C. Данная проблема может быть решена увеличением содержания Si ≥ 25 ат.%., что приводит к формированию рентгенаморфной структуры, стабильной при температурах до 1000°C [3].

Целью данной работы было исследование механизма деградации поверхности таких Al-SI-N покрытий при термическом отжиге.

Образцы проходили предварительную очистку в УЗ-ванне. После этого на диск диаметром 75 мм из монокристаллического кремния с ориентацией (100) производилось напыление с помощью магнетрона из композиционного катода (Si 75% — Al 25%). С помощью прибора Calotest CAT-S-0000 измерялись толщина и механические характеристики (H, E*, We). Образцы отжигались при температурах 800-1100°C на воздухе и в парах воды. Для исследования поверхности отожженных образцов и изучения элементного состава плёнки были рассмотрены на микроскопе ТМ-1000. Пример такой поверхности представлен на рис. 1.1.

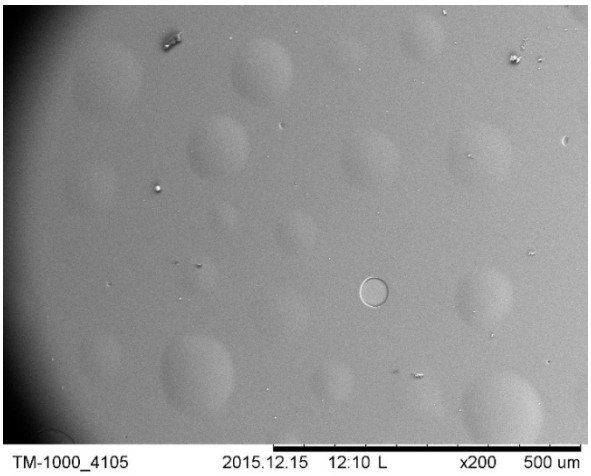


Рис. 1. Пример фотографии отожженной поверхности.

Из рисунков отчетливо видно, что на поверхности покрытий после отжига остаются «пузыри», которые по размерам одного порядка с «кратерами». Логично предположить, что в процессе отжига кислород собирается в данные «пузыри» и в определенный момент они взрываются, оставляя на поверхности «кратеры» и отрывая часть материала. Данный вывод согласуется и с данными по элементному составу.

Отчетливо видно, что происходит отрыв плёнки и наблюдается состав подложки. Представляется вероятным, что в процессе отжига атомы кислорода заменяют атомы азота и скапливаются в «пузырях» до момента взрыва, что объясняет увеличение массы образцов до температуры 1000^{o}C (происходит окисление, и, т.к. масса атомов кислорода больше массы атомов азота, то вес растёт), и ее уменьшение при дальнейшем росте температуры (отрыв части покрытия).

Список литературы:

1. Musil J., Sasek M., Zeman P. Properties of magnetron sputtered Al-Si-N thin films with a low and high Si content // Surface & Coatings Technology. — № 202. — 2008. — p.3485-3493.
2. Musil J., Vlcek J. Magnetron sputtering of hard nanocomposite coatings and their properties // Surface & Coatings Technology. — № 142. — 2001. — p.557-566.
3. Musil J. Properties of hard nanocomposite thin films // Nanocomposite Thin Films and Coatings. — B492. — 2007. — p. 281-328.

Метод получения магнитной жидкости

Г.К.Кудайберген, А.Х.Жакина, З.Г.Аккулова, А.К.Амирханова, Е.П.Василец, О.В.Арнт, А.Р.Рапиков

Институт органического синтеза и углехимии, Караганда

Одним из наиболее перспективных методов синтеза магнитных жидкостей в высоко- и нанодисперсном состоянии является сонохимический метод, основанный на получении веществ с заданными свойствами с использованием ультразвукового облучения (УЗО) без применения специальных органических реагентов — поверхностно-активных веществ [1-4].

Как конкурентоспособная альтернатива другим трудоемких методам синтеза, сонохимический метод широко используется для создания новых материалов с необычными свойствами. Сонохимическим методом, получена магнитная жидкость путем осаждения из раствора сульфата железа (II) под действием ультразвука. В качестве осадителя использован аммиак, а источником ультразвука — ультразвуковая установка ИЛ 100-6/2 с максимальной мощностью 1200 Вт и цилиндрическим волноводом, оснащенный ультразвуковым генератором ИЛ10 -1.0 с магнитострикционным преобразователем рабочей частотой 22 кГц.

В ходе исследования изучено влияние времени облучения раствора и концентрации осадителя на процесс получения стабильной магнитной жидкости, что потвердилось рентгеновским энергодисперсионным микроанализом (рис. 1).

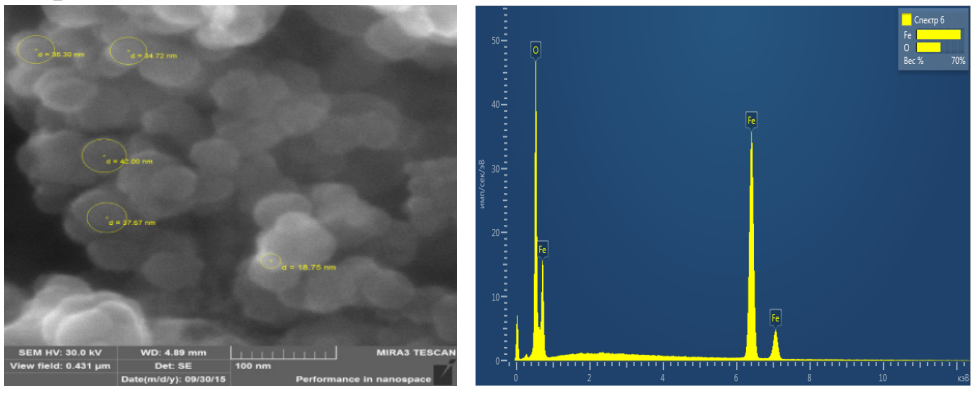


Рис. 1. Результаты рентгеновского энерго-дисперсионного микроанализа элементного состава магнитной жидкости.

Установлено, что повышение концентрации осадителя до 7,5М и времени облучения до 75 минут привело к образованию раствора черно-

го цвета с хорошей магнитной восприимчивостью и высоким содержанием железа.

Детальное исследование морфологии поверхности магнитной жидкости, полученной сонохимическим методом с помощью растрового электронного микроскопа показало, существование магнитной жидкости, полученных под воздействием ультразвука, в виде наноразмерных частиц. Поверхность у частиц, облученных ультразвуком более гладкая и однородная, сами частицы представлены в виде сферических структур, где крупные ассоциаты образованы более мелкими нерегулярными частицами диаметром от 10 до 100 нм.

Список литературы:

1. Kim E.H., Lee H.S., Kwak B.K., Kim B.K. Synthesis of ferrofluid with magnetic nanoparticles by sonochemical method for MRI contrast agent // J. Magn. Magn. Mater. — 2005. — V. 289. — P. 328.
2. Laurent S., Forge D., Port M., Roch A., Robic C., Vander Elst L., Muller R.N. Magnetic Iron Oxide Nanoparticles: Synthesis, Stabilization, Vectorization, Physicochemical Characterizations, and Biological Applications // Chem. Rev.- 2008. — V. 108. — P. 2064.
3. Cornell R.M., Schertmann U. Iron oxides in the laboratory; preparation and characterization. Weinheim: VCH, 1991. — 183 p.
4. Laurent S., Forge D., Port M., Roch A., Robic C., Vander Elst L., Muller R.N. Magnetic Iron Oxide Nanoparticles: Synthesis, stabilization, vectorization, physicochemical characterizations, and biological applications // Chem. Rev. -2008. — V. 108. — P. 2064.

Создание программы для обработки 2D АСМ сканов GaN с помощью сред NI Vision и LabVIEW

Е.С.Кунашик, А.О. Лившиц., А.В.Соломникова

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

Научный руководитель: проф. Зубков В.И., д. ф.-м. н.

В современной полупроводниковой наноиндустрии светодиоды являются одним из самых перспективных направлений. И хотя светодиоды на нитриде галлия прошли определенный путь развития, технология их изготовления все еще не до конца отработана, и получаемые образцы имеют плотность дислокаций порядка 10^7 см$^{-2}$.

Одним из эффективных на сегодняшний день способов исследования морфологии полупроводниковых материалов является метод атомно-

силовой микроскопии, при котором формируется скан-изображение. Для дальнейшего анализа полученных АСМ сканов необходимо применять соответствующие алгоритмы обработки изображений. Однако большинство существующих на сегодняшний день программных пакетов не дают возможность получения нужного количества статистических данных и являются неудобными для обработки изображений в конкретных случаях.

В данной работе была разработана программа для обработки 2D АСМ сканов и их последующего анализа с помощью сред программирования LabVIEW и NI Vision. Специализированный программный пакет NI Vision дает возможность захвата изображений, их обработки и анализа. Преимуществом данного пакета является возможность работы с изображениями различной глубиной оцифровки, полученными любыми диагностическими методами. Созданный в среде LabVIEW виртуальный прибор использовался для расчета основных параметров поверхности полярного GaN, выращенного методом HVPE на кремниевой подложке. Искомыми статистическими параметрами являлись: плотность дислокаций, периметр и площадь V-дефектов, и относительная доля площади, занимаемая V дефектами к общей площади скана. Далее строилась гистограмма распределения всех параметров.

Их вид приведен на рис. 2.

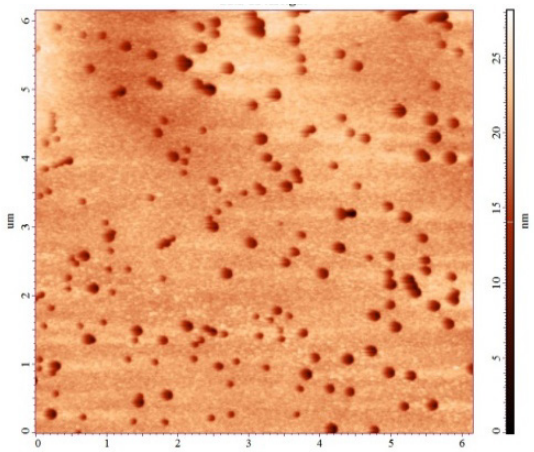


Рис.1. АСМ скан полярного GaN.

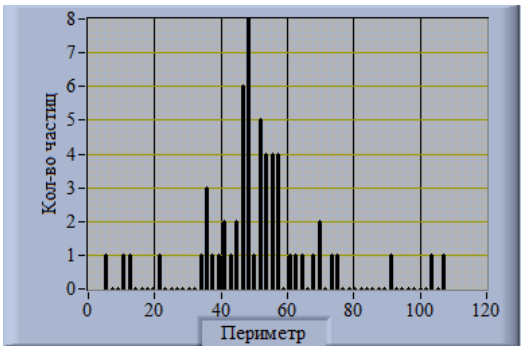


Рис.2. Гистограмма распределения периметров.

Исследование возможности применения нанопорошков пористого кремния как системы точечной доставки лекарственного препарата «Винпоцетин»

Полковникова Ю.А. [1]***, Прохорова А.В,*** [1] ***Середин П.В.***[1]***, Леньшин А.С.***[1]

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

Диагностика и лечение расстройства когнитивных функций в настоящее время одно из наиболее интенсивно изучаемых направлений современной неврологии. Винпоцетин является одним из широко используемых лекарственных препаратов для лечения подобных заболеваний [1]. На сегодняшний день «Винпоцетин» производится в виде таблеток с содержанием лекарственного препарата 5 и 10 мг. Данная лекарственная форма является достаточно эффективной, однако не обеспечивает желаемого пролонгированного действия [2]. Кроме того, химическая структура «Винпоцетина» может явиться причиной неустойчивости данной лекарственной формы.

Поэтому в настоящее время актуальной задачей является разработка стабильных и биосовместимых лекарственных форм с замедленным высвобождением винпоцетина.

Один из перспективных методов решения указанной задачи является создание систем точечной доставки лекарств на основе наночастиц кремния, в том числе и пористого, поскольку известно, что подобные системы биосовместимы и биорастворимы [3] и на настоящий момент существуют вполне успешные попытки использовать нанопорошки пористого кремния для систем точечной доставки лекарств [4].

Цель данной работы — создание системы доставки винпоцетина на основе пористого кремния и исследование эффективности процессов адсорбции и десорбции лекарственного препарата в этой системе.

Нанопорошок пористого кремния получали по стандартной методике электрохимическим травлением в спиртовом растворе плавиковой кислоты [5], с последующим измельчением ультразвуком. Удельная площадь поверхности порошка пористого кремния составляла ~ 60 $м^2$/г. Особенности морфологии и состава частиц, использованных в работе, представлены в [6].

Полученный нанопорошок погружали в 5% раствор винпоцетина (НД 42-9175-03) на 20 и 60 минут. Адсорбцию лекарственного препарата на пористый кремний контролировали методом ИК-спектроскопии с использованием прибора VERTEX 70 Bruker. Кинетику высвобождения винпоцетина из наночастиц в 0,1 М раствор кислоты хлористоводородную определяли при температуре 37 ± 0,5 °С. Объем среды растворения 100 мл. Пробы диализата (5 мл) отбирали через заданные промежутки времени (15, 30, 45, 60, 90, 120 минут). Объем среды восполняли тем же растворителем. Для определения содержания винпоцетина использовали спектрофотометрический метод в УФ-области (314±2 нм). Концентрацию анализируемого вещества определяли по градуировочному графику. Получение микрокапсул винпоцетина с оболочками из желатина, этилцеллюлозы и альгината натрия и проведение биофармацевтических исследований данных форм представлены в работе [7].

Сравнительный анализ ИК-спектров пропускания нанопорошков пористого кремния после осаждения лекарственного препарата в диапазоне 400-4000 см-1 с исходным порошком пористого кремния и субстанции винпоцетина показал присутствие полос, характерных для лекарственного препарата в образцах (полосы поглощения при 1720, 1680 и 1607 $см^{-1}$), при этом состав самих частиц пористого кремния по данным ИК-спектроскопии существенно не изменился [8].

В таблице 1 представлены данные по степени высвобождения винпоцетина из различных систем доставки.

Таблица 1. Степень высвобождения винпоцетина из различных систем доставки.

Форма	**Высвобождение**	**Время**
Микрокапсулы этилцеллюлозы	32% и 70%	1 и 6 часов соотв.
Микрокапсулы желатина	60% и 94%	1 и 6 часов соотв.
Микрокапсулы альгината натрия —	90-100%	2 часа
Наночастицы пористого кремния	9,8% и 60%	1 и 6 часов соотв.

Проведенные исследования показали, что высвобождение винпоцетина из наночастиц составляет 60% за 6 часов эксперимента, что сопоставимо со степенью высвобождения винпоцетина из микрокапсулированных

форм (70% и 94% из микрокапсул с оболочками этилцеллюлозы и желатина соответственно).

Проведенные исследования показали возможность использования пористого кремния в качестве средства пролонгированной доставки винпоцетина и перспективность дальнейших фармакологических исследований данной системы.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки России в рамках государственного задания вузам в сфере научной деятельности на 2014−2016 гг. (проект № 740, задание № 3.130.2014/K) и гранта президента РФ (МК-4865.2016.2).

Список литературы:

1. Torres K J, Göttle P and Kremer D 2012 Cell Physiol Biochem 30 711.
2. Szakács T., Veres Z and Vereczkey L 2001 Pol. J. Pharmacol. 53 623.
3. Ksenofontova O I, Vasin A V, Egorov V V 2014 Technical Physics 84 1 67
4. Canham L 2014 Handbook of Porous Silicon (Springer) 1017 p
5. Lenshin A S, Kashkarov V M, and Seredin P V 2014 Tecnical Physics 84 2 70
6. Lenshin A S, Kashkarov V M 2012 Неорганические материалы 48 10 1091.
7. Polkovnikova Yu A 2015 Russian Journal of Biopharmaceuticals 7 4 10.
8. Polkovnikova Yu A, Lenshin A S and Seredin P V 2015 Micro — and nano-technology of the new generation (St. Petersburg: St. Petersburg state electrotechnical University «LETI») p 56.

Влияние условий синтеза на электропроводные свойства медьсодержащих композитов полианилина

А.А. Музаппарова[1], Я.А. Висурханова[1], Д.С. Давыдченко[2]

[1]Институт органического синтеза и углехимии Республики Казахстан

[2]Центр физико-химических методов исследования и анализа при КазНУ им. Аль-Фараби

Из литературы известно, что электропроводными свойствами обладает полианилин (ПАни) в форме соли эмеральдина, а его основание является непроводящим полимером. Следовательно, электропроводность ПАни-композитов с введёнными неорганическими компонентами должна определяться не только природой этих компонент, но и условиями получения ПАни-композитов.

В данной работе представлены результаты проведённых исследований электропроводных свойств медьсодержащих ПАни-композитов, полученных введением хлорида меди (II) в полимер в процессе окислительной полимеризации анилина в солянокислой среде тремя способами: 1 — с применением в качестве окислителя пероксидисульфата аммония; 2 — с применением $(NH_4)_2S_2O_8$ и химическим восстановлением катионов металлов боргидридом натрия и гидразингидратом в различных концентрациях и 3 — с использованием в качестве окислителя пероксида водорода с последующим выпариванием растворителя (воды). Композиты ПАни+$CuCl_2$ 1- и 3-групп получены с исходными соотношениями анилин/$CuCl_2$ = 1:0,5; 1:1; 1:1,5 и 1:2.

Как показали выполненные рентгенофазовые анализы (РФА) синтезированных порошковых композитов ПАни+$CuCl_2$, их фазовый состав определяется способом получения этих композитов. Так, если в составах композитов 3-ей группы присутствуют кристаллические фазы исходно введённого хлорида меди ($CuCl_2 \cdot 2H_2O$) и CuCl, то в композитах, полученных с применением $(NH_4)_2S_2O_8$, возможно появление и $CuSO_4$, аммиачных комплексов и других соединений, идентифицировать которые оказалось затруднительно. Фазовые составы композитов ПАни+$CuCl_2$(1:2), синтезированных с применением боргидрида натрия и гидразингидрата, согласно данным РФА, существенно зависят от концентрации этих восстановителей. При использовании 1M $NaBH_4$ и 0,4M $N_2O_4 \cdot H_2O$ в составе полученных композитов присутствуют кристаллические фазы Cu(OH)Cl, $2CuCl_2 \cdot 5Cu(OH)_2 \cdot H_2O$, что указывает на недостаток этих восстановителей для осуществления в заданных условиях химического восстановления $Cu^{2+} \rightarrow Cu^0$. Применение этих же восстановителей, соответственно, в концентрациях 3M и 0,7M оказалось достаточным для прохождения восстановления катионов меди (II). Однако в фазовых составах ПАни-композитов были идентифицированы только кристаллические фазы CuO, образующиеся, очевидно, из металлической меди при высушивании композитов на воздухе.

Для всех синтезированных медьсодержащих ПАни-композитов была определена их электропроводность (σ) с использованием значений электрического сопротивления (R), измеренных для таблеточных образцов, расположенных между двумя медными пластинами, с помощью мультиметра GW Instek GDM-8245. Согласно полученным результатам, Пани-

композиты, синтезированные с применением персульфата аммония в солянокислой среде (способ 1) и содержащие наименьшие количества меди, характеризуются наиболее высокими значениями электропроводности — от 0,07 до 4,75 $Ом^{-1}·м^{-1}$. Электропроводность композитов, полученных с применением H_2O_2 также в солянокислой среде и с выпариванием (способ 3), изменяется в пределах $0{,}18·10^{-3}$ — 4,13 $Ом^{-1}·м^{-1}$. Очевидно, при применении пероксидисульфата аммония (более сильного окислителя, чем H_2O_2) ПАни образуется с большим молекулярным весом и большей степенью сопряженности в полимерной цепи, что является наиболее благоприятным для переноса заряда.

И третью группу составляют композиты ПАни+$CuCl_2$(1:2), приготовленные с применением обоих химических восстановителей; их электропроводность имеет наименьшие значения: $0{,}51·10^{-6}$ — $2{,}36·10^{-6}$ $Ом^{-1}·м^{-1}$. Это обусловлено тем, что полученный в ходе окислительной полимеризации полианилин в форме солянокислой соли претерпевает депротонирование при введении в реакционную среду щелочи (NaOH) для создания благоприятных условий химического восстановления катионов меди как боргидридом натрия, так и гидразингидратом. В результате образуется ПАни в виде основания эмеральдина, который является непроводящим полимером.

Таким образом, электропроводность исследованных образцов медьсодержащих ПАни-композитов, уменьшается в следующей их последовательности: ПАни $(NH_4)_2S_2O_8$)+$CuCl_2$ > ПАни (H_2O_2)+$CuCl_2$ > ПАни+$CuCl_2$ ($NaBH_4$) > ПАни+$CuCl_2$ ($N_2H_4·H_2O$).

Определение геометрических параметров нанопористой мембраны на основе анодного оксида алюминия по оптическим спектрам

Л.Б. Матюшкин, Е.Н. Муратова, Ю.М. Спивак

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

Мембраны на основе пористого анодного оксида алюминия на сегодняшний день — актуальный и перспективный материал в различных областях науки и техники. Поэтому решение задач, связанных с повышением

их качества, формированием структур с топологически кодированным распределением пор и возможностью анализировать их неразрушающими методами в связи с недостаточным количеством существующей информации по данным вопросам является необходимым и важным.

В связи с этим целью данной работы было изучение взаимосвязи структурных характеристик мембраны на основе por-Al_2O_3 с ее оптическими свойствами для возможности проведения дальнейших исследований геометрических и физических параметров подобных структур неразрушающим методом.

Исследование спектров оптического (УФ, видимого и ИК диапазонов) пропускания показало, что для мембран por-Al_2O_3, полученных при анодировании в электролитах на основе серной и ортофосфорной кислот, данные спектры имеют схожий характер. Было обнаружено, что рост пропускания света для мембран, полученных по одинаковой технологии, начинается с определенной длины волны, λ_c. Выявлена качественная взаимосвязь между дисперсией размера пор и размытием спектра пропускания вблизи λ_c: чем однороднее и упорядоченнее пористый слой, тем круче спектральная характеристика. Кроме того, в случае однородного по толщине исследуемого слоя на спектрах пропускания в диапазоне длин волн 4–6 мкм наблюдаются осцилляции, по которым можно рассчитать его толщину.

В результате, показано, что оптическая спектроскопия нанопористых мембран в широком диапазоне длин волн (от 200 нм до 15 мкм) обеспечивает их экспресс-характеризацию по основным геометрическим параметрам, а именно: позволяет определить средний размер пор, распределении пор по размерам и степень упорядоченности; идентифицировать оксида алюминия и тип анионов электролита, встроенных в структуру; а также позволяет оценить толщину пористой мембраны.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-80152.

Температурные характеристики светоизлучающих диодов на основе твёрдого раствора ALGAINN

А.С.Обухова, А.С.Агликов

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

Совершенствование источников белого и синего света на основе нитрида галлия и его твёрдых растворов является одной из ключевых задач полупроводниковой промышленности. Такие ограничения как низкие мощности излучения, малый квантовый выход и быстрая деградация структур при высоких рабочих токах не позволяют широко использовать светоизлучающие полупроводниковые приборы в качестве эффективных источников излучения в различных диапазонах длин волн. Решение этих проблем требует постоянного метрологического контроля всех этапов разработки и технологического процесса производства. Важнейшим индикатором низкого качества структур является их сильный самонагрев в процессе функционирования, поэтому очень актуальной задачей является определение температуры активной области (АО) и исследование тепловых эффектов, приводящих к ее увеличению.

В работе были исследованы четыре типа образцов структур на основе твёрдых растворов системы AlGaInN различной геометрической формы, расположенных на сапфировых подложках диаметром 3». Структуры были созданы методом газофазной эпитаксии из металлорганических соединений (MOCVD). Образцы в поперечном сечении представляют «sandwich structure» — слоистую структуру, в которой сформированы квантовые ямы и сверхрешётки. На сапфировую подложку нанесён буферный слой нитрида галлия собственной проводимости для уменьшения количества дислокаций и механических напряжений на границе раздела подложки и излучающей части структуры. Дальше следует слой нитрида галлия n-GaN, легированный кремнием. Этот слой выполняет функцию эмиттера носителей заряда в активную область, а также служит одним из контактов светодиода. Важной особенностью исследованных структур являлось использование в них сверхрешёток (СР) на основе твердых растворов AlGaN и InGaN. Первая область, содержащая сверхрешётку, находилась между нижним эмиттером и активной областью. Она состояла из 15 пар слоев

$In_{0,9}Ga_{0,1}N$/ $In_{0,99}Ga_{0,01}N$. Эта часть структуры позволила уменьшить концентрацию дефектов в активной области и ограничиться одиночной излучающей квантовой ямой $In_{0,15}Ga_{0,75}N$. Основное внимание в работе было уделено исследованию влияния структуры верхнего блокирующего слоя (БС) на параметры излучающих кристаллов. В первом типе образцов блокирующий слой содержал сверхрешётку на основе 9 пар p-$Al_{0,15}Ga_{0,85}N$/GaN. 2 типа образцов содержали слои, созданные на основе однородного твердого раствора нитрида галлия алюминия: p-$Al_{0,15}Ga_{0,85}N$ и p-$Al_{0,1}Ga_{0,9}N$. В последнем случае БС вообще не содержал AlN и был сделан из однородного p-GaN. Завершал структуру всех образцов слой p-GaN.

Исследования проводились с использованием разработанного программно-аппаратного комплекса, включающего в свой состав зондовую станцию, термостат, интегральные сферы, спектрометры и иное измерительное оборудование. Важной особенностью комплекса является возможность бесконтактного определения температуры АО светоизлучающих структур. Были измерены температуры АО описанных выше типов образцов, также были исследованы спектральные и вольт-амперные характеристики, определены мощности излучения и изучены ватт-амперные характеристики, определены эффективности люминесценции, а также температурные зависимости этих параметров.

Показано, что при увеличении значения пропускаемого прямого тока температура АО структур может увеличиваться до значений 100°C и выше, что в первую очередь определяется процессами токопереноса. Показано, что наибольшая эффективность при малых токах получена в структурах с СР в блокирующем слое. В то же время при больших токах эффективность у всех образцов уменьшается, что связано с возрастанием интенсивности Оже-рекомбинации. Установлено, что это уменьшение эффективности у образцов с 10% AlN в БС происходит медленнее, чем в образцах со СР. Это приводит к более плавному возрастанию температуры АО у таких образцов, поэтому использование таких структур при высоких значениях рабочих токов оказывается предпочтительнее. В работе рассматривается взаимосвязь между эффектами Оже-рекомбинации и температурными характеристиками структур, а также их влияние на мощность и эффективность исследуемых образцов. Предварительные оценки показывают, что анализ этих эффектов позволяет проводить быструю оценку качества структур, перспективную для внедрения на промышленных предприятиях.

Формирование наноструктур ZNO на AL

А.А. Рябко, А.И. Максимов

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

С развитием нанотехнологий наблюдается резкое повышение интереса к оксиду цинка. Оксид цинка является бинарным полупроводниковым соединением A^2B^6 с шириной запрещенной зоны $Eg \approx 3{,}34$ эВ при 300 К, n-типа проводимости. Большое значение ширины запрещенной зоны делает материалы из ZnO прозрачными в видимом диапазоне. Контролируя уровень легирования, можно получать оксид цинка с металлической проводимостью при сохранении оптической прозрачности [1]. Также большое значение ширины запрещенной зоны делает оксид цинка перспективным материалом для создания полупроводниковых лазеров и светодиодов в ультрафиолетовой области спектра. А большая энергия связи экситона (60 мэВ) позволяет получать интенсивное ультрафиолетовое свечение при температуре выше комнатной (до 550 К) [2]. Особый интерес вызывает использование ZnO в фотовольтаике. Так в работе [3] была показана возможность создания поликристаллического гетероперехода n-ZnO/p-CuO. Также оксид цинка перспективен и в солнечном элементе другого типа — ячейке Гретцеля. Классическим широкозонным полупроводником в ячейке Гретцеля выступает TiO_2. Замена мезопористых сетей из спеченных нанокристаллов диоксида титана на наноструктуры ZnO обещает увеличение эффективности, поскольку подвижность электронов в ZnO на 2-3 порядка выше, чем в анатазе TiO_2 [4].

В данной работе синтез наноструктур на основе оксида цинка проводился гидротермальным методом, поскольку гидротермальный метод обладает рядом преимуществ: низкие температуры синтеза (<100 °C), управление морфологией наноматериала варьированием таких параметров, как температура синтеза, продолжительность синтеза, тип подложки, концентрации прекурсоров, состав растворителя и др. В данной работе использовался водный раствор с эквимолярными концентрациями гексаметилентетрамина (ГМТА) и нитрата цинка. Подложки из алюминия погружались в пробирки с раствором. Далее пробирки, закрепленные в держателе, помещались в циркуляционный термостат. Температура синтеза составляла

85°C. Реакции, протекающие во время гидротермального синтеза нитевидных нанокристаллов ZnO, приведены далее:

$C_6H_{12}N_4 + 6H_2O \leftrightarrow 4NH_3 + 6HCHO$

$NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH^{4+} + OH^-$

$Zn^{2+} + 4NH_3 \leftrightarrow [Zn(NH_3)_4]^{2+}$

$Zn^{2+} + 2OH^- \leftrightarrow Zn(OH)_2$

$Zn(OH)_2 \leftrightarrow ZnO + H_2O$

После синтеза полученные образцы промывались дистиллированной водой.

Полученные при разном времени синтеза наноструктуры ZnO исследовались с помощью растровой электронной микроскопии (рис.1)

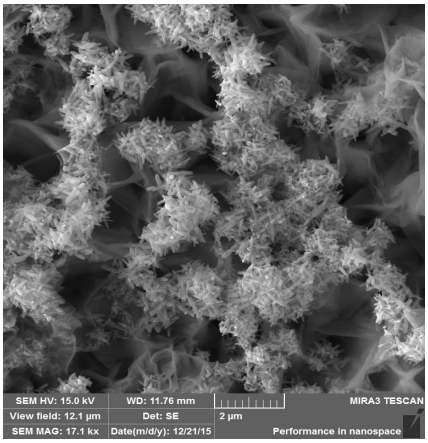


Рис.1. Микрофотография иерархической наноструктуры ZnO.

Как видно, наноструктура ZnO имеет иерархическую структуру из «чешуйчатого» подслоя и расположенных на нем конгломератов нитевидных нанокристаллов. Полученные на алюминиевой подложке наноструктуры ZnO применимы в качестве широкозонного полупроводника в ячейке Гретцеля, где роль нижнего электрода будет выполнять алюминиевая подложка.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-12-00327).

Список литературы:

1. Özgür Ü., Alivov Ya. I., Liu C. et al. A comprehensive review of ZnO materials and devices // J. Appl. Phys., 2005. — V.98. P. 1–103
2. Редькин А.Н., Рыжова М.В., Якимов Е.Е. и др. Упорядоченные массивы наностержней оксида цинка на кремниевых подложках // ФТП. — 2013. — Т. 47. — вып. 2. — С. 216 — 222.

3. Адилов Ш.Р., Кумеков М.Е., Кумеков С.Е., Теруков Е.И. О модели формирования поликристаллического гетероперехода n-ZnO/p-CuO // ФТП. — 2013. — Т. 47. — В. 5. — С. 642 — 643.
4. Клочко Н.П., Мягченко Ю.А., Мельничук Е.Е. и др. Перспективы импульсного электроосаждения иерархических наноструктур оксида цинка // ФТП. — Т. 47. — В. 8. — С. 1129 — 1136.

Электрокаталитическая активность биметаллических Co-Cu-композитов полианилина в электрогидрировании п-нитроанилина

Е.А. Соболева, Я.А. Висурханова, Н.М. Иванова

Институт органического синтеза и углехимии Республики Казахстан

Выполненными ранее исследованиями было показано, что применение композитов полианилина (ПАни) с хлоридом меди (II) для активации катода сопровождается восстановлением катионов Cu^{2+} до металлической меди Cu^0, выполняющей роль катализатора в электрогидрировании органического соединения. В данной работе изучена электрокаталитическая активность биметаллических Co-Cu-композитов ПАни в электрогидрировании *п*-нитроанилина (*п*-НА) в сравнении с их монометаллическими аналогами. Биметаллические Co-Cu-композиты ПАни были синтезированы путём введения хлоридов двух металлов (в соотношениях $CoCl_2/CuCl_2$, равных 1:1, 1:2, 1:3, 2:1 и 3:1) в процесс окислительной полимеризации анилина (окислители — персульфат аммония и пероксид водорода) без и с дальнейшим восстановлением катионов металлов боргидридом натрия. В случае применения H_2O_2 композиты были получены с выпариванием растворителя для сохранения всего введённого количества меди и кобальта.

Рентгенофазовыми анализами установлено присутствие кристаллических фаз аммиачного комплекса сульфата кобальта, исходного хлорида меди или сульфата кобальта в композитах группы ***I*** (до гидрирования) в зависимости от содержания в них обоих металлов. Фазовый состав ПАни-композитов группы ***II*** представлен, главным образом, кристаллическими фазами соединения $Cu_2(OH)_3Cl$ и реже — $(NH_4)_2Co(SO_4)_2{\cdot}6H_2O$ и $Co(OH)_2$, что указывает на неполное прохождение химического восстановления катионов металлов боргидридом натрия. В составе композитов группы ***III*** имеются кристаллические фазы Cu(OH)Cl, CuCl и, возможно, Co^0. После

применения синтезированных композитов в электрогидрировании *п*-НА в их составе появляются кристаллические фазы Cu^0, Cu_2O и $Co(OH)_2$.

Результаты электрогидрирования *п*-НА при нанесении на Cu-катод Co-Cu-композитов ПАни (табл. 1) показали, что скорость гидрирования *п*-НА на биметаллических ПАни-композитах всех трёх групп оказалась выше, чем на монометаллических Co-содержащих ПАни-композитах, и ниже, чем на композитах ПАни+$CuCl_2$(1:1). При этом степень превращения *п*-НА (α) на Co-Cu-композитах ***II*** и ***III*** групп превысила её значения на монометаллических композитах и в электрохимическом восстановлении *п*-НА, а на некоторых из них достигла своего максимального значения, что хорошо подтверждают хроматографические анализы экстрактов из растворов католитов после гидрирования (экстрагент — хлороформ) (табл. 1).

Таблица 1. Электрогидрирование *п*-НА на композитах ПАни+ $CoCl_2$+$CuCl_2$(1:1)

№	Композит	Содержание металлов в 1 г композита		W, мл H_2/мин (α =0,25)	α, %	Состав экстрактов	
		Co	Cu			*п*-ФДА, %	*п*-*НА*, %
1	Cu-катод	-	-	6,6	89,5	88,4	11,6
I. Композиты, полученные с использованием окислителя $(NH_4)_2S_2O_8$							
2	ПАни+$CuCl_2$(1:1)	-	0,057	6,8	93,3	96,2	3,8
3	ПАни+$CoCl_2$(1:1)	0,068	-	4,7	84,4	82,4	17,6
4	ПАни+$CoCl_2$(1)+$CuCl_2$(1)	0,050	0,051	6,6	96,3	95,8	4,2
5	ПАни+$CoCl_2$(1)+$CuCl_2$(2)	0,024	0,048	6,0	85,2	90,2	9,8
6	ПАни+$CoCl_2$(1)+$CuCl_2$(3)	0,020	0,041	6,7	88,7	91,5	8,5
7	ПАни+$CoCl_2$(2)+$CuCl_2$(1)	0,095	0,051	5,8	93,1	94,4	5,6
8	ПАни+$CoCl_2$(3)+$CuCl_2$(1)	0,085	0,024	5,8	86,8	89,3	10,7
II. Композиты, полученные с применением $(NH_4)_2S_2O_8$ и боргидрида натрия							
9	ПАни+$CuCl_2$(1:1)	-	0,198	6,7	95,2	-	-
10	Пани+ $CoCl_2$ (1:1)	0,043	-	5,2	74,7	-	-
11	ПАни+$CoCl_2$(1)+$CuCl_2$(1)	0,093	0,103	6,4	100,0	96,5	3,5
12	ПАни+$CoCl_2$(1)+$CuCl_2$(2)	0,067	0,154	6,4	85,9	86,0	14,0
13	ПАни+$CoCl_2$(1)+$CuCl_2$(3)	0,037	0,127	6,6	100,0	96,1	3,9
14	ПАни+$CoCl_2$(2)+$CuCl_2$(1)	0,095	0,050	6,1	99,2	96,9	3,1
15	ПАни+$CoCl_2$(3)+$CuCl_2$(1)	0,109	0,034	5,8	96,2	95,7	4,3
III. Композиты, полученные с использованием окислителя H_2O_2							
16	ПАни+$CuCl_2$(1:1)	-	0,218	7,8	91,8	95,1	4,9
17	ПАни+$CoCl_2$(1:1)	0,174	-	6,2	85,7	-	-
18	ПАни+$CoCl_2$(1)+$CuCl_2$(1)	0,109	0,114	7,0	98,4	100,0	0
19	ПАни+$CoCl_2$(1)+$CuCl_2$(2)	0,065	0,136	6,6	86,2	86,9	13,1

20	ПАни+$CoCl_2$(1)+$CuCl_2$(3)	0,051	0,158	6,5	98,4	97,7	2,3
21	ПАни+$CoCl_2$(2)+$CuCl_2$(1)	0,119	0,062	7,5	93,7	95,9	4,1
22	ПАни+$CoCl_2$(3)+$CuCl_2$(1)	0,152	0,052	6,3	99,8	99,4	0,6

В целом, из приведённых данных следует, что электрокаталитическая активность Co-Cu-композитов ПАни существенным образом зависит от условий их синтеза. И по этому фактору активность этих композитов увеличивается в следующей последовательности: ***I*** < ***II*** < ***III***. Кроме того, электрокаталитическая активность этих композитов определяется содержанием металлов в них и их соотношением друг к другу.

Применение математического аппарата фрактального анализа для количественного описания свойств поверхности пористых структур

К.Ю. Чипчев, Н.Р. Крамор, Е.Н. Муратова, Ю.М. Спивак

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

Исследование геометрических свойств структур занимает особое место в современной науке. Ранее считалось, что для описания реальных объектов достаточно ограничиться простыми фигурами — прямыми, окружностями, сферами, многоугольниками и др. Однако многие природные объекты столь сложны и нерегулярны, что использование подобных методов не является целесообразным.

Мультифрактальный анализ основан на генерации величины, именуемой мерой, при разбиении пространства на ячейки. Это пространство охватывает исследуемый объект, и такой объект можно назвать базовым множеством меры. Применение мультифрактального анализа к описанию самоподобного состояния фрактальными формами симметрии в системах представляет собой одно из перспективных направлений в исследовании свойств наноструктур [1-3].

Объектом исследований данной работы являются слои пористого кремния, полученные методом электрохимического травления: КДБ-12 (100) и КЭФ-4,5 (100).

Морфология поверхности образцов изучалась с помощью атомно-силовой микроскопии (АСМ) в полуконтактном режиме (Integra Terma,

NT-MDT). Мультифрактальная параметризация структуры была осуществлена при помощи ПО «MFRDrom», созданным Г.В. Встовским [1][2]. Данная программа содержит необходимый МФ-аппарат для оценки размерности Хаусдорфа-Безиковича, информационной размерности, корреляционной размерности, степени нарушения фрактальной симметрии.

Основными характеристиками мультифрактального формализма является обобщенный спектр размерностей D (q) (где q — степень меры), и мультифрактальный спектр f (a). Эти зависимости используются для оценки различных структур.

В программе «MFRDrom» существуют параметры, которые изменяют исходное изображение:

1) Изменение уровня сечения исследуемого слоя (%).

2) Изменение части исследуемого изображения (%).

По вычисленным в ПО зависимостям были подобраны оптимальные параметры исследования АСМ-изображения.

На текущем этапе исследования используются другие ПО для оценки адекватности расчетов, полученных в «MFRDrom». Сопоставляя выходные данные различных вычислительных пакетов предполагается прийти к наиболее точным представлениям о морфологии исследуемых образцов.

Список литературы:

1. Встовский Г.В., Колмаков А.Г., Бунин И.Ж. Введение в мультифрактальную параметризацию структур материалов. М.: Центр «Регулярная и хаотическая динамика» 2001 — 116 с.

2. Встовский Г.В. Методы информационной физики. М.: МГИУ, 2002 — 260с.

3. Мошников В.А., Александрова О.А. (ред.) Новые наноматериалы. Синтез. Диагностика. Моделирование (лабораторный практикум). СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. — 248 с.

Комплекс лабораторных работ для дисциплины «Аналоговая электроника».

С. В. Шахбазов, Е. С. Сулоева

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

В настоящее время актуальными являются разработка и внедрение практического курса, вызвано это тем, что теоретическая часть образова-

тельной программы на нашей кафедре преобладает над практической. В связи с этим была поставлена цель: разработать обучающий комплекс лабораторных работ, которые будут способствовать лучшему пониманию теоретического материала.

Решаемые задачи:

- - Выбор базы для проектирования лабораторной работы;
- Построение различных типовых схем на основе операционных усилителей;
- Проверка их работоспособности и анализ работы при различных параметрах входного сигнала.

В качестве базы для лабораторных работ была выбрана рабочая станция NI-ELVIS фирмы National Instruments. NI-ELVIS учебная лабораторная измерительная станция служит для отладки и исследования аналоговых электронных схем. Измерительная станция базируется на 3 составляющих: настольная рабочая станция NI-ELVIS; устройство ввода-вывода аналоговых сигналов; программное обеспечение LabVIEW. Особенностью измерительной станции является наличие съемной макетной платы, служащей для построения электрических схем и их соединения со встроенными измерительными приборами. Макетная плата позволяет собирать схемы из реальных элементов без запаивания.

Собранные схемы исследовались с помощью виртуального осциллографа, входящего в состав программного обеспечения NI-ELVIS. Этот виртуальный прибор является полноценным аналогом реального осциллографа.

Сначала производилась сборка простейших усилителей. Неинвертирующий усилитель, будет использоваться в обучающем стенде в качестве масштабирующего блока, с помощью которого амплитуда входного сигала будет умножаться на заданную константу — коэффициент усиления, но не меньше единицы. Схема инвертирующего усилителя, используется в качестве блока инверсии и масштаба. Для проверки результатов работы схем, были измерены значения выходного сигнала при различных значениях входного сигнала. Измерения проведены с помощью инструмента DAQ, который связывает измерительную станцию NI-ELVIS со средой разработки LabVIEW. Далее, по результатам эксперимента были рассчитаны коэффициенты усиления и сравнены с теоретическими. По результатам расчета

выявлена погрешность, связанная с неидеальностью элементов, а также вызванная способом сборки — модульным путем, без пайки.

Также были построены схемы интегратора и дифференциатора. Схема дифференциатора (рис. 1). была стабилизирована добавлением элементов.

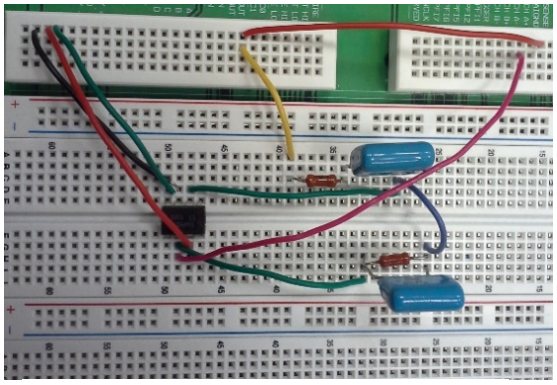


Рис. 7. Дифференциатор.

В результате этой модификации, изменяется амплитудно-частотная характеристика схемы. Также были рассчитаны частоты введенных полюсов на его АЧХ. С собранных схем снимались осциллограммы (рис. 2), которые сравнивались по виду с теоретическими, полученными в программе Multisim. По результатам сравнения сделан вывод о правильности работы схем.

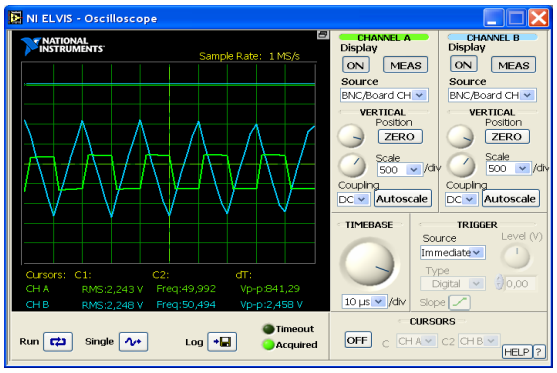


Рис. 8. Осциллограмма дифференциатора.

Выполнение студентами данных лабораторных работ способствует улучшению понимания и запоминания принципов работы и устройства на примере простейших схем аналоговой электроники, обучает самостоятельной сборке схем, а также позволяет лучше разбираться в элементной базе и применять полученные знания на практике в дальнейшем обучении и работе.

Список литературы:

1. А. Дж. Пейтон, В. Волш Аналоговая электроника на операционных усилителях — М.: БИНОМ, 1994—352с.
2. Погодин А. А. Электроника: учебное пособие. СПб.: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014.148с.

Получение коллоидных квантовых точек тройных соединений халькогенидов металлов

А. И. Шульга, Д. С. Мазинг

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

Коллоидные квантовые точки (ККТ) являются перспективным материалом для биомедицины, где существует спрос на материалы для люминесцентных биомаркеров с длинами волн испускания в ближнем ИК-диапазоне, так как в этом интервале длин волн располагаются окна прозрачности биологических тканей. Квантовые точки на основе бинарных соединений PbSe, PbS, CdTe содержат ионы токсичных металлов, что ограничивает их применение. Одним из способов получения необходимых длин волн эмиссии без токсичных металлов является использование группы $A^{I}B^{III}C_2^{VI}$, а именно: одним из наиболее интересных соединений является CuInSe2, нанокристаллы которого в зависимости от диаметра частиц в режиме сильного пространственного ограничения проявляют перестройку люминесценции в интервале длин волн 600–1200 нм. С целью увеличения квантового выхода излучения и повышения химической стабильности такие нанокристаллы могут быть покрыты оболочкой из более широкозонного полупроводникового материала, такого как ZnSe или ZnS и благодаря этому имеется возможность варьировать энергетический спектр электронов, и, как следствие, управлять спектром фотолюминесценции КТ «ядро/оболочка».

Используемая в данной работе методика получения нанокристаллов заключается в быстрой инжекции одного прекурсорного раствора, содержащего комплекс меди и индия, в другой прекурсорный раствор при температуре более 200°C в присутствии молекул органического стабилизатора. Это приводит к мгновенной нуклеации с последующим ростом образовавшихся частиц, которые не подвергаются агрегации за счет формирования органической оболочки на их поверхности.

Ключевыми требованиями для большинства применений ККТ являются узкое распределение частиц по размерам и высокий квантовый выход. Поэтому актуальной задачей является оптимизация технологических параметров высокотемпературного синтеза ККТ CuInSe с целью обеспечения контроля реакции и воспроизводимости результатов.

Исследования методом спектроскопии поглощения проводились на спектрофотометре ПЭ-5400УФ. Спектры фотолюминесценции были измерены при помощи спектрофлуориметра на основе монохроматора ЛОМО Фотоника МДР-206. Возбуждение производилось полупроводниковым лазером с длиной волны испускания 405 нм.

В настоящей работе предложена методика синтеза квантовых точек $CuInSe_2$ с использованием стабилизатора 1-додекантиола, который обеспечивает перестройку максимума спектра фотолюминесценции в диапазоне длин волн 700-900 нм, необходимого для применения в биомедицинских исследованиях.

Исследование технологии осаждения пленок титаната-станната бария

Н.А. Ялымов

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

Сегодня электроника сверхвысоких частот (СВЧ) является одной из самых обширных и наукоемких областей современной техники. На частотах свыше 1 ГГц работают системы управления воздушным движением, глобальные навигационные системы позиционирования, спутниковая и сотовая связь; радиорелейные системы, цифровое телевидение; системы спасения на море и на суше; системы управления движением автомобильного транспорта и др. В связи с этим современная СВЧ электроника в ближайшие годы может столкнуться с «кризисом материалов». Физическая природа полупроводников и ферритов (традиционных материалов СВЧ электроники) ограничивает их использование на частотах свыше 1 ГГц. Одним из путей решения существующих проблем является использование сегнетоэлектрических (СЭ) материалов, превосходящих по ряду электрофизических характеристик как полупроводниковые и ферритовые материалы, так и микроэлектромеханические системы.

Среди исследуемых сегодня сегнетоэлектриков наиболее привлекательны для использования на СВЧ оксидные материалы типа перовскита. Характерная особенность структуры кристаллов этой группы — наличие кислородного октаэдра, внутри которого располагается ион Ti или другой ион с малым ионным радиусом. Важная особенность таких сегнетоэлек-

триков — это способность образовывать многокомпонентные твердые растворы, что позволяет создавать материалы, электрофизические свойства которых изменяются в широких пределах. Наиболее исследованными сегнетоэлектрическими материалами для СВЧ применений являются твердые растворы титаната бария-стронция (BST).

Наряду с BST, существует перспективный материал для СВЧ применений, однако мало исследованный с этой точки зрения. Это твердый раствор титаната — станната бария и стронция $Ba_xSr_{1-x}(Ti_ySn_{1-y})O_3$ (BSSnT)). В твердых растворах этого материала в зависимости от концентрации компонентов величина диэлектрической проницаемости в максимуме достигает значительных величин $(2\div3)*10^4$. Сегодня опубликованы данные об исследовании твердых растворов BSSnT с содержанием Sn до 30% на частотах до 1 МГц с целью применения в элементах динамической памяти (DRAM). Информация о СВЧ свойствах данного материала в современной литературе отсутствует.

В связи с этим целью данной работы является разработка технологии осаждения пленок твердых растворов BSSnT и изучение их СВЧ свойств.

Для осаждения пленок используется магнетронное распыление, которое позволяет контролировать процесс осаждения слоев с высокой точностью. Структурные свойства пленок исследуются методами атомно-силовой микроскопии, Резерфордовского обратного рассеяния и рентгеновской дифракции. Электрофизические свойства изучаются с использованием емкостных структур в СВЧ диапазоне. Современные публикации по свойствам данного материала прогнозируют диэлектрическую проницаемость титаната-станната бария от нескольких сотен до нескольких тысяч единиц, тангенс угла диэлектрических потерь порядка 0.02 и высокую нелинейность, превышающую 50%.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Принципы оценки качества образования и способы повышения позиций в международном рейтинге QS World Universities

С.И.Курганский

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

Актуальность исследования обусловлена тем, что СПбГЭТУ «ЛЭТИ» вошел в число 15 вузов-победителей конкурса на право получения государственных субсидий для повышения конкурентоспособности и продвижения в международных рейтингах ведущих университетов. В связи с этим, целью исследования является проведение анализа подхода к оценке качества образования, который разработал один из рейтингов, что, в свою очередь, позволит лучше понять процесс повышения позиций конкретного вуза. При написании статьи были использованы следующие методы: анализ и обобщение информации, изучение монографических публикаций и статей на русском и английском языках, аналитический метод.

Рейтинг QS имеет шесть критериев оценки качества: академическая репутация — 40%, репутация среди работодателей — 10%, соотношение количества преподавателей и студентов — 20%, цитируемость преподавателей — 20%, количество иностранных студентов и преподавателей — соответственно 5% и 5% [1].

Наиболее противоречивым критерием с точки зрения мировой академической общественности является академическая репутация. В своей статье «Глобализация ранжирования колледжей и университетов» Филип Альтбах ставит под сомнение надежность рейтинга QS, так как в нем слишком большое внимание уделяется академической репутации [2]. Репутация среди работодателей основывается на опросе потенциальных и действующих работодателей. В 2015-2016 году было получено 44200 ответов. Цель опроса работодателей — дать студентам понимание того, как воспринимается тот или иной вуз на рынке труда. Эти критерии используются и в большинстве других рейтингов, однако они имеют меньший вес.

Следующий критерий, соотношение количества преподавателей и студентов, отображает количество нанятых преподавателей относительно числа зачисленных студентов. До сих пор не существует единого международного стандарта оценки качества обучения. Для этого был введен параметр, позволяющий выделить вузы, имеющие возможность для создания меньших групп обучающихся и качественного индивидуального контроля.

Цитируемость ППС показывает научный вклад университетов. Анализируя последние показатели цитируемости с базы данных Scopus, QS World University Rankings пришли к выводу, что наиболее цитируемой областью является биология и медицина (49,1%), потом идут естественные науки (27,6%), 16% в области инженерии и технологий, 5,8% — общественные науки и лишь 1% на искусство и гуманитарные науки. Чтобы сбалансировать эти показатели, были введены дополнительные корректирующие коэффициенты для индекса цитируемости согласно базе Scopus в области общественных и гуманитарных наук.

Доля иностранных студентов и преподавателей в вузе показывает, насколько успешен и популярен университет на международной арене. Здесь учитываются «студенты, являющиеся гражданами стран, отличных от страны обучения, и обучающиеся на кампусе вуза на протяжении как минимум семестра и не являющиеся студентами по обмену» [3]. Несмотря на то, что академическая репутация занимает 40% оценки, основными параметрами, по которым российские вузы имеют отставание, являются цитируемость и доля иностранных преподавателей и студентов.

Для вхождения российских вузов в список сотни лучших университетов, необходимо решить ряд проблем, таких как: повышение международной престижности вуза для роста интереса среди иностранных абитуриентов и преподавателей; увеличение количества изданий и статей на английском языке, индексируемых базой данной Scopus. В результате ожидается значительный рост рейтинга некоторых российский вузов в списке QS World University Rankings и вхождение большего числа университетов в данный рейтинг.

Список литературы:

1. QS World University Rankings [Электронный ресурс] — режим доступа: http://www.topuniversities.com, свободный. — Загл. с экрана.

2. Change Magazine — Taylor & Francis (13 January 2012). «Change Magazine — January-February 2012»
3. РИА Новости [Электронный ресурс]: Курская Анна. Рейтинг университетов мира QS: что мешает победе российских вузов? — Электрон. журн. — режим доступа: http://ria.ru/sn_edu/20130910/962008189.html, свободный. — Загл. с экрана.

Сборник материалов
IV Научно-технической конференции с международным участием
«НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО»
для студентов, аспирантов и молодых ученых,
состоявшейся 24-25 марта 2016 г.
в Санкт-Петербурге