

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

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

**Сборник материалов конференции
12 – 13 марта 2015 г.**

Санкт-Петербург
Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
2015

III НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО» ДЛЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ. Сборник материалов конференции. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. 250 с.

ISBN 978-5-7629-1627-1

Организаторы

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), ОАО «Светлана», ОАО НИИ «Вектор», ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», ОАО «Государственный оптический институт им. С. И. Вавилова», Группа компаний «Меридиан», ОАО "НИИ Командных приборов", ОАО "ИНТЕЛТЕХ"

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

Сборник материалов содержит доклады, представленные на III-ей Научно-технической конференции с международным участием «Наука настоящего и будущего» для студентов, аспирантов и молодых ученых, состоявшейся 12 – 13 марта 2015 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

№ п/п		Стр.
<i>Направление «Информатика, вычислительная техника и информационная безопасность»</i>		
1.	<i>Аксенов М. Н.</i> О направлении развития структурирования данных в информационных системах наукоёмкой отрасли.....	13
2.	<i>Бундина Л. А.</i> Валидация данных, представленных в формате XML...	17
3.	<i>Ермачихин А. В., Литвинов В. Г.</i> Автоматизированный аппаратно-программный комплекс для исследования электрофизических параметров полупроводниковых структур.....	20
4.	<i>Обрезков Д. В.</i> Разработка планировщика задач для встраиваемых систем с повышенными требованиями к отказоустойчивости на основе автоматного подхода.....	22
5.	<i>Савкин Л. В.</i> Исследование способов хранения сигнатур в реконфигурируемой системе функционального контроля и диагностики бортового комплекса управления космического аппарата.....	24
6.	<i>Стукан А. С., Козырева А. С., Румянцева Н. А.</i> Разработка модуля формирования отчётов базы данных «абитуриент».....	25
7.	<i>Челебаева Ю. А., Челебаев С. В.</i> Декомпозиция нейросетевых структур преобразователей частоты в код двух переменных.....	26
<i>Направление «Прикладная математика и системный анализ»</i>		
8.	<i>Исупова Е. Д.</i> Исследование условий общности положения и наблюдаемости базовых моделей биохимической очистки сточных вод.....	33
9.	<i>Некрасова Е. И.</i> Искусственные нейронные сети.....	36

Направление «Электроэнергетика, автоматизация и мехатроника»

10.	<i>Брейдо И. В., Каверин В. В., Нурмаганбетова Г. С.</i> Определение зависимостей параметров динамической электромеханической характеристики в функции температуры.....	38
11.	<i>Булатбаева Ю. Ф., Әкімбеков Д. Ә., Бейсенби М.А.</i> Разработка автоматизированной учебно-исследовательской лаборатории на базе облачной технологии.....	42
12.	<i>Войткевич С.В.</i> Математическая модель для расчета токов утечки и токов растекания по элементам высоковольтной опоры.....	44
13.	<i>Дайч Л. И., Шахметова А. Е.</i> Модернизация процесса производства резиноканевой ленты.....	46
14.	<i>Кондрашева А. С., Эм Г. А.</i> К определению рабочей области рекуперативного режима тиристорного электропривода.....	48
15.	<i>Крицкий А. Б.</i> Энергоэффективный электротехнический комплекс, управляющий технологическими переменными теплоснабжающих систем.....	51
16.	<i>Паршина Г. И., Акимбеков Д. А.</i> Разработка лабораторного практикума для стенда "средства промышленной автоматизации фирмы SIEMENS".....	54
17.	<i>Паршина Г. И., Каренов О. К.</i> Модернизация процесса производства резиновых смесей	56
18.	<i>Паршина Г.И., Чен А.Д.</i> Программная реализация автоматизированной системы повышения качества подготовки персонала инженерных служб электротехнических комплексов теплоснабжающих систем.....	59
19.	<i>Потёмкина Е. Б., Лапина Л. М.</i> Разработка нетрадиционных источников энергии.....	61

20.	<i>Сафонов С. Л., Пустовая О. А.</i> Компоновка электронного устройства для пространственной ориентации инвалидов.....	63
21.	<i>Серых Е. В.</i> Система автономной парковки автомобиля.....	66
22.	<i>Соколов Р. В.</i> Реализация алгоритма трапецеидального управления безколлекторным двигателем постоянного тока.....	69
23.	<i>Тимонин И. С., Федоров М. М.</i> Переходные процессы в цепи с индуктивностью и нелинейным резистивным элементом.....	72
24.	<i>Фешин Б.Н., Тохметова К.М.</i> Система автоматического управления роботизированного комплекса трипод.....	75
 <i>Направление «Радиотехника и инфокоммуникационные технологии»</i>		
25.	<i>Ефимович А. П.</i> Области возможных реализаций насыщенного усилителя класса F.....	79
26.	<i>Осипова О. С.</i> Анализ показателей variability ритма сердца в системах контроля бодрствования водителей транспортных средств...	81
27.	<i>Осипова О. С.</i> Беспроводная передача электрокардиосигнала в системах контроля бодрствования водителей транспортных средств...	83
 <i>Направление «Приборостроение и биотехнологии»</i>		
28.	<i>Анисимов А. А., Боброва Ю. О.</i> Применение микросхем аналогового входного интерфейса для измерения параметров дыхания.....	85
29.	<i>Анисимов А. А., Чистякова Е. В.</i> Разработка аппаратно-программного комплекса для измерения скорости распространения пульсовой волны.....	88
30.	<i>Буренев П. Н.</i> Аппаратно-программное обеспечение треморографического анализатора.....	91
31.	<i>Величко А. Н., Захаров И. С.</i> Система контроля тест-реакции термотаксиса PARAMESCIUM CAUDATUM.....	93

32.	<i>Волыхина М. Н., Пыко С. М.</i> Формирование структуры кадров при видеокодировании по стандарту H265 (HEVC).....	96
33.	<i>Герасимов М. А., Котенева Т. Д., Сорокин К. С.</i> Исследование влияния ультразвуковых кавитационных процессов на поверхность фторопласта-4.....	98
34.	<i>Даминова Э. А.</i> Техническое решение для изучения особенностей распределения давления по опорной поверхности стоп человека.....	100
35.	<i>Дробинцева А. О., Полякова В. О.</i> Иммуногистохимический профиль плацент при перенесенной беременности.....	102
36.	<i>Егоров А. И., Серков А. Б., Рыжов О. А., Ляшенко Т. Г., Карасев В. А., Назимов И. В., Зимина Т. М.</i> Биочипы для медицинского эксперсс-анализа на основе биораспознавания и регистрации естественной флюоресценции белковых маркеров заболеваний.....	104
37.	<i>Котенева Т. Д., Михник А. Ю., Сорокин К. С.</i> Исследование влияния ультразвуковой кавитации на поверхность зуба.....	106
38.	<i>Лемозерский В. Е., Гаммадов Ш. М., Зимина Т. М.</i> Акустический пинцет для лаборатории-на-чипе на основе подложек из ниобата лития.....	109
39.	<i>Минязева Н. Б., Дёмин А. Ю.</i> Новый подход к диагностике плеврального выпота.....	110
40.	<i>Нестеров Е. А., Корлякова С. А., Севостьянов Е., Серкова М. Н., Зимина Т. М.</i> Формирование матриц нанопористых микроплощадок на основе анодного оксида алюминия в качестве субстратов для выращивания микроорганизмов.....	112
41.	<i>Пономарева А. А., Арсентьев М. Ю., Шилова О. А., Кручинина И. Ю.</i> Влияние термической обработки на структурные свойства катодных материалов, применяемых в среднетемпературных ТОТЭ.....	114

42.	<i>Пронин И. А., Якушова Н. Д., Димитров Д. Ц.</i> Получение пленок ZnO золь-гель методом.....	116
43.	<i>Пщелко Н. С., Водкайло Е. Г., Кади Я. С.</i> Электрофизические и биологические методы регулирования качества воздуха в жилых помещениях.....	118
44.	<i>Размашкин В. Н., Минина А. А.</i> Разработка части информационно-измерительной системы комплексной безопасности участка обращения локомотива на гис основе.....	120
45.	<i>Сазонова В. Д., Шамрай Е. А.</i> Разработка симулятора для отработки мануальных навыков в эндоскопической технике.....	122
46.	<i>Семенов А. И., Ситков Н. О., Соловьев А. В.</i> Разработка диэлектрического и ультразвукового сенсоров для идентификации микробиологических объектов в лаборатории на чипе.....	124
47.	<i>Сидорченко О. Н.</i> Возможности современной портативной кардиографии.....	125
48.	<i>Соколов В. С., Хафизов Р. А., Зимина Т. М.</i> Цифровая микрофлюидика для лаборатории на чипе.....	126
49.	<i>Степанова М. С., Захаров И. С.</i> Биотехнологии для контроля биомаркеров генотоксичности.....	128
50.	<i>Сулоева Е. С.</i> Специфика бинарного сличения эталонов.....	130
51.	<i>Фараизова Л. И.</i> Устройство для оценки интегральных параметров инерционности зрительной системы человека.....	132
52.	<i>Шамрай Е. А., Сазонова В. Д.</i> Применение 3D-моделирования для повышении эффективности изучения топографической анатомии.....	134
53.	<i>Хафизов Р. А., Зимина Т. М., Гвоздев Ю. А., Соловьев А. В.</i> Жидкостная логика в лаборатории-на-чипе для микробиологического анализа.....	136

Направление «Электроника и оптоэлектронные приборы»

54. *Акинина И. И., Вареник Ю. А.* Учебно-исследовательский комплекс на основе программируемых логических интегральных схем и микропроцессоров..... 139
55. *Беспалов Е. С., Головяшкин А. Н.* Термоэлектрический модуль на основе α -SiC 142
56. *Григорьев А. Д., Джалилов Б. А.* Адаптивные антенны для сотовых телефонов..... 145
57. *Калитухо И. В., Акимов И. А., Корнев В. Л.* Эффект близости в гибридной структуре ферромагнетик–полупроводник..... 147
58. *Прокуратов Д. С., Парфенов В. А.* О проблеме изменения цвета медной поверхности в процессе лазерной обработки..... 149
59. *Смирнов А. А.* Оптимизация схемы формирователя наносекундных импульсов напряжения на карбидо-кремниевом дрейфовом диоде с резким восстановлением..... 151
60. *Тимофеев Г. А., Потрахов Н. Н.* Рентгеновская трубка с фотокатодом..... 154
61. *Фоминых В. И., Киселев И. В., Борисов А. В.* Устройство терморегулирования блока накачки твердотельных лазеров на базе функций нечеткой логики..... 155

Направление «Нanomатериалы и нанотехнологии»

62. *Алпатов А. В., Вихров С. П., Вишняков Н. В., Мурсалов С. М., Рыбин Н. Б., Рыбина Н. В.* Комплексный подход к исследованию процессов самоорганизации наноматериалов и наноструктур..... 157
63. *Аринова А. Е.* Синтез и изучение строения N-метил-1-[(4-бром-3,5-диметил-1H-пиразол-1)-фенил]-фуллерен- C_{60} -[1,9]-пирролидина..... 159

64.	<i>Архипов А. А., Калинин С. А., Шимусюк М. В., Яшкардин Р. В.</i> Исследование поверхности катода установки для диспергирования металлов в импульсном разряде.....	161
65.	<i>Бобков А. А., Мошников В. А., Налимова С. С., Селезнев Б. И.</i> Модельное представление газочувствительных перколяционных кластерах.....	164
66.	<i>Богданов С. М., Егорова Т. Л., Калинина М. В., Морозова Л. В., Шилова О. А.</i> Синтез и физико-химические свойства композиционных наноматериалов на основе оксидов переходных металлов и ZrO_2 для альтернативной энергетики.....	166
67.	<i>Брагина Л. М., Аверин И. А., Карманов А. А.</i> Влияние качественного и количественного состава нанокompозитных материалов на основе смешанных оксидов на деградацию их свойств.....	168
68.	<i>Ваталев О. С, Козлович Л. И.</i> Особенности атомно-силовой микроскопии для исследования биологических объектов.....	171
69.	<i>Висурханова Я. А., Соболева Е. А., Иванова Н. М.</i> Синтез, строение и электропроводность композитов полианилина, допированного хлоридами металлов и углеродными нанотрубками.....	174
70.	<i>Вострикова Т. О., Тутов Е. А.</i> Сорбционные характеристики наномодифицированного портландцемента.....	177
71.	<i>Зырянов Р. С., Лепескин Ю. П.</i> Разработка и изготовление шприцевого дозатора к 3D-принтеру Prusa Mendel.....	179
72.	<i>Емельянов К. Ю., Пермьяков Н. В.</i> Проектирование стенда сканирующего туннельного микроскопа для учебных целей.....	181
73.	<i>Истомина М. С., Мараева Е. В.</i> Получение и исследование пористых матриц для наночастиц сульфида свинца.....	184
74.	<i>Клименков Б. Д., Харитонский П. В.</i> Разработка лабораторной работы «Применение метода скалярного потенциала в задачах магнитостатики».....	186

75.	<i>Клинков В. А., Бочарова Т. В., Сысоев Д. С., Тарасов С. А.</i> Комплексное спектроскопическое исследование активированных фторалюминатных стекол с малыми добавками фосфатов.....	188
76.	<i>Кошевой В. Л., Левицкий В. С., Афанасьев В. П.</i> Влияние технологических параметров осаждения на фазовый состав тонких пленок микрокристаллического кремния, полученных методом PECVD.....	191
77.	<i>Кудашов А. А., Аверин И. А., Трофимов П. М., Карманов А. А., Пронин И. А.</i> Исследование методом ИК – спектроскопии фотокатализаторов на основе ZnO.....	193
78.	<i>Лашкова Н. А., Пермьяков Н. В.</i> Исследование локальных областей пленок оксида цинка методом туннельной атомно-силовой микроскопии.....	196
79.	<i>Леньшин А. С., Середин П. В., Кашкаров В. М., Минаков Д. А., Комаров Н. А., Кавецкая И. Е.</i> Влияние обработки органическими красителями на оптические характеристики пористого кремния.....	199
80.	<i>Лихоманова С. В., Каманина Н. В.</i> Исследование спектров пропускания полимерных матриц, сенсibilизированных фуллереном C ₇₀ и красителем малахитовый зеленый.....	201
81.	<i>Мазинг Д. С., Матюшкин Л. Б., Александрова О. А., Дробинцева А. О., Кветной И. М., Крылова Ю. С., Мошников В. А., Мусихин С. Ф., Полякова В. О., Рыжов О. А.</i> Биомаркеры на основе коллоидных квантовых точек для поисковых научных исследований.....	204
82.	<i>Нигмадзянова Н. Р., Алдашкин Г. В.</i> Шейпинг макропористого кремния и его модификаций.....	207
83.	<i>Пермьяков Н. В., Ермачихин А. В., Литвинов В. Г., Рыбин Н. Б.</i> Исследование деградиационных процессов в тонкопленочной МДМ-структуре на основе Al ₂ O ₃ методом рентгеновского энергодисперсионного микроанализа.....	209

84.	<i>Рябко А. А., Максимов А. И.</i> Получение пленок оксидов цинка и меди методом спрей – пиролиза.....	211
85.	<i>Самигуллин Р. Ш., Муратова Е. Н., Шемухин А. А.</i> Исследования по прохождению пучков заряженных частиц гелия через мембраны пористого оксида алюминия.....	214
86.	<i>Сатпаева Ж. Б., Карипова Г. Ж., Жакупова А. Н., Байтемирова М. Е.</i> Каталитическое действие солей металлов на синтез некоторых 3,4-дигидропиримидин-2-(1H)-(тио)онов.....	217
87.	<i>Середин П. В., Леньшин А. С., Арсентьев И. Н., Бондарев А. Д., Тарасов И. С.</i> Исследования наноразмерных пленок Al_2O_3 , полученных на пористом кремнии методом ионно-плазменного распыления.....	219
88.	<i>Сигаев А. П., Аверин И. А., Карманов А. А.</i> Определение содержания атмосферных газов в нанокompозитных плёнках на основе SiO_2-SnO_2 ..	221
89.	<i>Смердов Р. С., Бочарова Т. В., Гареев К. Г.</i> Спектроскопические свойства коллоидных растворов суперпарамагнитных наночастиц Fe_3O_4/SiO_2	224
90.	<i>Соболева Е. А.</i> Слои пористого кремния, функционизированные электрохимически осажденным никелем.....	228
91.	<i>Соболева Е. А., Висурханова Я. А., Иванова Н. М.</i> Влияние углеродных нанотрубок на электрокаталитическую активность полианилин-металлических композитов в электрогидрировании <i>n</i> -нитроанилина.....	230
92.	<i>Белорус А. О., Беспалова К. А., Сомов П. А., Спивак Ю. М.</i> Исследование влияния технологических параметров на морфологию поверхности пористого кремния.....	233
93.	<i>Толкач Н. М., Вишняков Н. В., Воробьев Ю. В., Маслов А. Д.</i> Применение метода комбинационного рассеяния света для исследования фазовых переходов в пленках структуры Ge-Sb-Te.....	236

94.	<i>Фоминых А. К., Абрашова Е. В.</i> Электрокалорический эффект. История открытия и современное применение.....	238
95.	<i>Хоменко И. Н., Крыжановский В. Б., Москвин П. П.</i> Оценка поверхностной энергии кристаллической фазы по ее фрактальным характеристикам.....	242
96.	<i>Чу Чонг Шы</i> Анализ процесса магнетронного распыления путём компьютерного моделирования.....	244
97.	<i>Юлмухаметов В. В., Иванова А. Г., Загребельный О. А., Шилова О. А.</i> Синтез и электрохимические свойства нанокompозитных покрытий $MnO_2@SiO_2$ для электрода псевдоконденсатора.....	247

О НАПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЯ СТРУКТУРИРОВАНИЯ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НАУКОЁМКОЙ ОТРАСЛИ

М. Н. Аксенов

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

Появление обширного семейства технологий, называемых технологиями «больших данных» привело к тому, что применяемая в них модель структурирования данных начинает рассматриваться едва ли не как универсальная. Это связано как с успехом многих связанных с ними проектов, так и с тем, что поставщики программных и технологических средств активно продвигают свои продукты, реализующие управление нереляционными и даже неструктурированными данными. Традиционные модели реляционного структурирования данных тем самым поставлены под сомнение со стороны их практичности и результативности в отношении таких массивов данных, которые можно охарактеризовать как исключительные по объёму, разнообразию состава или скорости накопления. Насколько в ближайшее время возможно распространение подобных технологий организации данных на область традиционного использования реляционных СУБД?

Для ответа на поставленный вопрос необходимо проследить историческое развитие информационных систем в наукоёмкой отрасли и определиться с тем, как видоизменялось соединение данных и метаданных, какие формы они принимало. Тем самым будет выявлено логическое развитие средств и методов структурирования данных, а вспомогательным материалом для выполнения этой задачи будут данные о технологических и конъюнктурных изменениях в отрасли наукоёмких изделий.

Структурирование данных в информационных системах наукоёмкой отрасли определяется в основном соотношением таких параметров применяемой в них структуры данных как:

- Техническая реализуемость
- Понятность (разработчикам и пользователям)

- Истинность (адекватность, содержательность)

Техническая реализуемость и понятность образуют вместе общую трудоёмкость создания и поддержки используемой структуры данных. Понятность и истинность объединяются в свойство управленческой полноты, образуя ситуации неполноты, недостаточности и избыточности наличных данных для принятия эффективных решений. Истинность и техническая реализуемость образуют уровень автоматизации или уровень разделения таких функций мышления, которые являются специфическими для человека и таких, которые не требуют разрешения противоречий.

Из перечисленных параметров технологии «больших данных» отдают явное предпочтение технической реализуемости. С этим связано большое количество жалоб аналитических служб на слабую подготовку кадров для работы с ними. Это находится в общей тенденции к отрыву средств от целей и дополняется спорами по поводу адекватности полученных структур данных. В отличие от реляционных структур, эти споры касаются не только содержания, но и формы представления исходных данных и результатов.

Долгое время фактор технической реализуемости был определяющим при построении структур данных. Системы перфокартного кодирования оставили после себя реализацию кодового справочника в формате «ключ = значение». Реализация этого формата естественна как для современных реляционных баз данных, так и для большинства решений в рамках обширного технологического и концептуального класса «больших данных». Отличием является то, что со стороны управленческой полноты раньше кодирование справочников сопровождало неполное моделирование, а сейчас сопровождается избыточное. В обоих случаях необходим отсев слабо влияющих на результат факторов принятия решения. Но если в моделях реляционного хранения или хранения объектов в реляционном виде этот отсев может быть проведён с упором на содержательную сторону отбираемых факторов, то в слабо структурированных наборах обнаруженные корреляции могут не отражать никакого истинного содержания. Это противоположно ситуации информационной достаточности – когда электронная модель (структура данных) охватывает только существенные для принятия решений объекты предметной области или сущности. Отсюда следует, что разнообразие моделей данных в известной мере соответствует необходимости отбора несущественных для принятия решений факторов. С этой

стороны методы «бумажного управления» и управления на основе «больших данных» совпадают в своей архаичной методологической основе. Они различаются только по обоснованиям абстрагирования от содержательности данных: в ранних БД нет содержательной целостности поскольку отсутствовали технические возможности для полного моделирования, а в технологиях «больших данных» содержательной целостности нет потому, что методологическая база не позволяет рассматривать их не фрагментарно. Это особенно касается не быстро нарастающих, а разнообразных и объёмных потоков данных.

Подход объектного моделирования с реляционным хранением остаётся выше и потенциально продуктивнее в том смысле, что предполагают информационную достаточность данных, которая означает сознательный учёт всех влияющих на принятие решений параметров и возможность проверки содержательности всех гипотез о взаимных зависимостях. По результатам они могут быть переосмыслены разработчиком или пользователем в сторону нужной технической модификации, тогда как абстрактные технологии «больших данных» сплошь и рядом совершают известную логическую ошибку отождествления того, что происходит «после события» с тем, что происходит «вследствие события».

Ручной отсев псевдоависимостей в технологических решениях «больших данных» (даже в тех, которые расширяют возможности OLAP) затруднен. Это связано с тем, что ряд таких технологий ориентирован только на использование временной привязки входных данных или на отсутствия всякой привязки вообще.

Заявлять о возможном вытеснении объектных по содержанию и реляционных по способу хранения структур даже из области «Больших данных», на мой взгляд, неправомерно. Подходы, делающие упор на формальное представление, а не структурирование данных, обречены на низкую содержательность, хотя это никак не сказывается на их высокой предсказательности. Содержательное и обобщённое объяснение полученных тенденций возможно только на основании спроектированных человеком онтологий, а не выделенных алгоритмически кластеров причинных зависимостей в слабо структурированных данных. Многие сторонники технологий «Больших данных» так сильно увлечены технической реализуемостью и предсказательностью манипуляций с данными, что забывают о том, что вся

практическая ценность информационной системы в наукоёмкой отрасли состоит в её адекватности и в возможности сознательно перепроектировать её. А это можно сделать только решив возникающие противоречия, незаменимым инструментом отражения которых являются объектные модели, связанные с информационной достаточностью, а не скудностью или избыточностью.

ВАЛИДАЦИЯ ДАННЫХ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В ФОРМАТЕ XML

Л. А. Бундина

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

Сервис автоматизированного взаимодействия ФИС ЕГЭ и Приема и ИС ВУЗа предназначен для обмена данными между ФИС ЕГЭ и ИС ВУЗов для обеспечения законности хода Приемной компании ВУЗов[1][2]. Обмен данными осуществляется в формате XML по протоколу HTTP, которые должны соответствовать заранее определенным XSD-схемам. В рамках сервиса реализована процедура проверки соответствия отправляемых XML-документов XSD-схемам, однако метод, предложенный разработчиками сервиса, обладает рядом существенных недостатков:

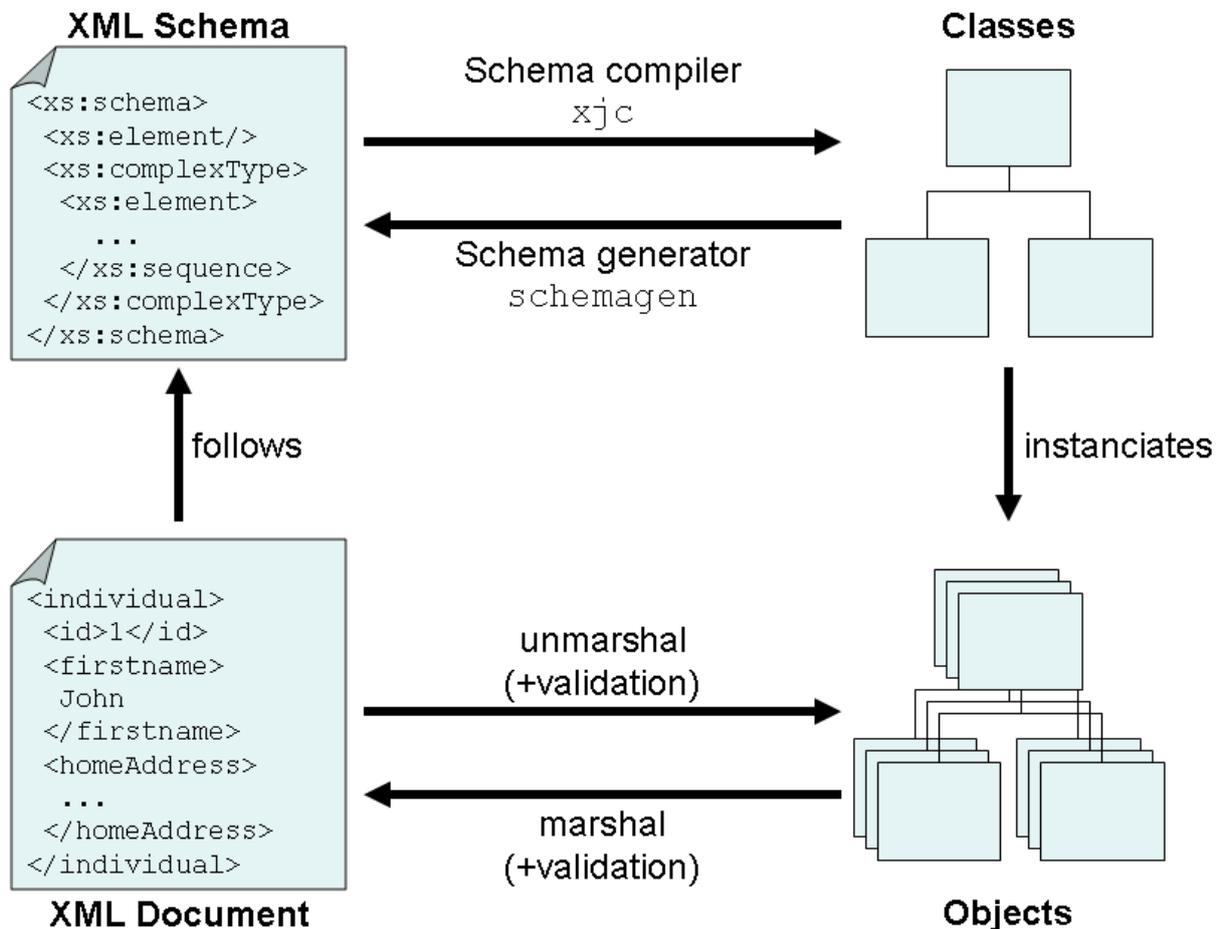
- Документ проверяется до первой ошибки, что приводит к многократным вызовам метода валидации в случае некорректности документа;
- Ожидание проверки документа может занимать длительное время.

Исходя из этих соображений, механизм валидации, реализованный в рамках сервиса, не удовлетворяет требованиям своевременной отправки данных о ходе приемной кампании, заявленным в [3]. В связи с особой важностью автоматизации проведения приёмной кампании для крупных образовательных учреждений и обеспечением взаимодействия внутренней информационной системы с ФИС ЕГЭ и приёма, данный механизм валидации требует совершенствования, что и определяет главную цель работы: предложить метод, лишенный указанных недостатков, и разработать приложение для его тестирования.

Помимо указанных выше недостатков, важно, чтобы метод позволял проверять корректность данных не только с точки зрения XSD, но и с точки зрения логики данных.

Проанализировав различные варианты решения данной задачи, можно прийти к выводу, что наилучшим решением является использование механизма связывания данных[4]. Одним из главных плюсов данного подхода является его гибкость, а также «неприкосновенность» тех схем, которые предоставляет ФЦТ для проверки.

В результате решения задачи разработано приложение, протестирован метод связывания данных, доказана возможность его применения как для формальной проверки XML-документа, так и для проверки на соответствие условиям, формулируемым заказчиком.



Процесс связывания данных с помощью JAXb: генерация, маршаллинг, анмаршаллинг

При доработке данный метод может использоваться разного рода приложениями для проверки данных, представленных в XML-формате, в том числе и ИС ВУЗа для предварительной проверки документов, подлежащих отправке в ФИС ЕГЭ и Приема и другие ИС.

Литература

1. Официальный сайт Федеральной Информационной Системы [электронный ресурс]: Сайт / Рособрназор — 2015. — Режим доступа: <http://priem.edu.ru/>, свободный.

2. Неофициальный сайт Федеральной Информационной Системы [электронный ресурс]: Сайт / Неофициальный сайт ФИС ГИА и приёма — 2015. — Режим доступа: <http://fisinfo.ru/whatis>, свободный.
3. Постановление Правительства РФ от 27.01.2012 N 36 «Об утверждении Правил формирования и ведения федеральной информационной системы обеспечения проведения единого государственного экзамена и приема граждан в образовательные учреждения среднего профессионального образования и образовательные учреждения высшего профессионального образования и региональных информационных систем обеспечения проведения единого государственного экзамена» [электронный ресурс]: Сайт / Интернет-портал «Российской газеты» — 2015. — Режим доступа: <http://www.rg.ru/2012/02/06/obrazovanie-dok.html>, свободный.
4. Связывание данных на практике: Исследование JAXB [электронный ресурс]: Статья / IBM Corporation, O'Reilly and Associates — 2004. — Режим доступа: <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/x-pracdb1/>,
<http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/x-pracdb2/>, <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/x-pracdb3/>, свободный.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР

А. В. Ермачихин, В. Г. Литвинов

Рязанский государственный радиотехнический университет

В современных исследовательских лабораториях зачастую реализовано по несколько методик с применением измерительного оборудования разных производителей, имеющих разные протоколы управляющих команд, разные интерфейсы соединения. При создании комплекса существует необходимость «соединить» разные приборы. Также эксперимент может длиться часами и днями, поэтому автоматизированные комплексы выглядят перспективными, сводя «человеческий фактор» на минимум.

Для решения ряда задач по исследованию полупроводниковых структур с квантовыми ямами и квантовыми точками существует необходимость в проведении эксперимента в широком температурном диапазоне. Для этого был разработан аппаратно-программный комплекс, схема которого представлена на рисунке, управляемый LabVIEW [1].

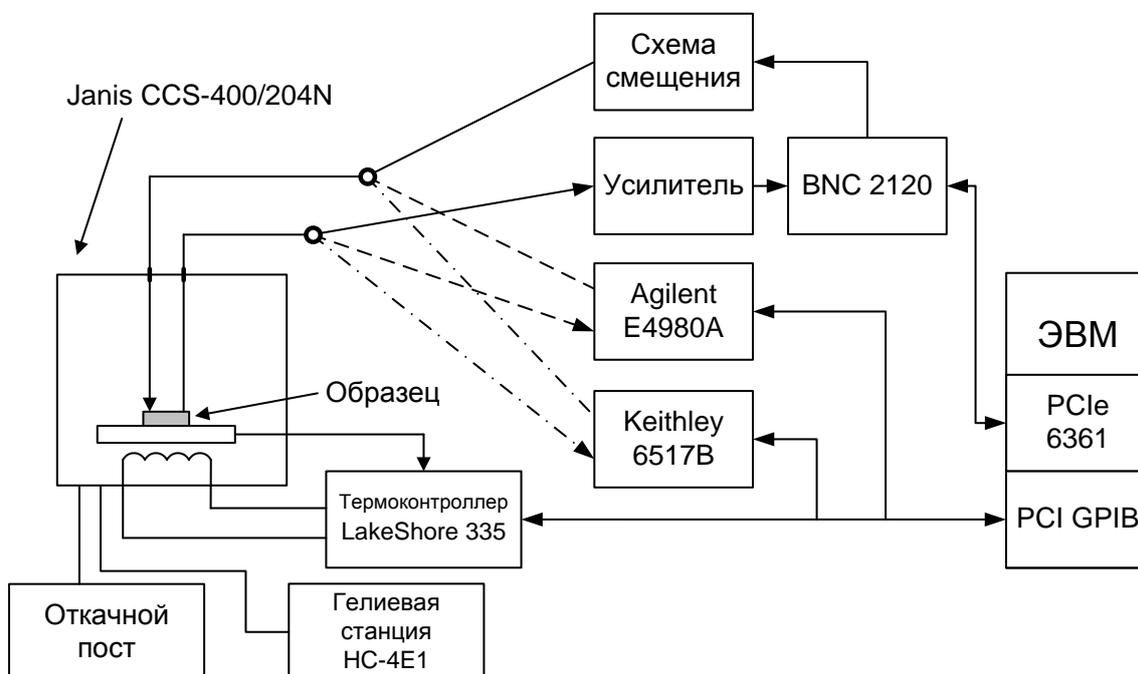


Рисунок – Схема измерительного комплекса

В качестве измерительной ячейки использовался криостат Janis CCS-400/204N. Образец при этом оказывается экранированным от нежелательных внешних воздействий, таких как: электрические наводки, воздействие светового потока, изменение температуры окружающей среды и др. Для поддержания необходимой температуры используется система подогрева образца с термоконтроллером, содержащим PID-регулятор, LakeShore 335. Измеритель спектроскопии низкочастотного шума включал в себя малошумящий усилитель, схему смещения напряжения с гальваническим источником питания и плату сбора данных NI PCIe 6361 с блоком разъемов NI BNC 2120 [2]. Для измерения адмиттанса и вольт-фарадных характеристик использовался LCR-метр Agilent E4980A [3]. Для измерений вольт-амперных характеристик использовался вольтметр электрометрический Keithley 6517B [4].

Разработанное программное обеспечение аппаратно-программного комплекса прошло апробацию при проведении реальных экспериментов. В начале эксперимента достаточно задать граничные условия изменения внешних воздействий на образец: начальную и конечную температуру, шаг изменения температуры, начальное напряжение на образце, шаг изменения напряжения, конечное напряжение или пороговое значение максимального постоянного тока. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в НОЦ ННМУ на оборудовании РЦЗМкп при ФГБОУ ВПО «РГРТУ».

Литература

1. Ермачихин А.В., Литвинов В.Г. LabVIEW в современной индустрии измерений (обзор) // Информационные технологии. 2014, № 3. С. 25-29.
2. Ермачихин А.В., Рыбин Н.Б., Литвинов В.Г., Рыбина Н.Б. Программа для автоматизированного комплекса спектроскопии НЧ шумов / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ: № 2014617224 от 15 июля 2014 г.
3. Ермачихин А.В., Литвинов В.Г., Рыбин Н.Б. Программа управления измерительно-аналитическим комплексом иммитансных характеристик полупроводниковых микро- и наноструктур / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ: № 2014610621 от 15 января 2014 г.
4. Ермачихин А.В., Литвинова В.С., Кусакин Д.С. Программа для автоматизированного измерения вольт-амперных характеристик полупроводниковых микро- и наноструктур / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ: № 2014617225 от 15 июля 2014 г.

РАЗРАБОТКА ПЛАНИРОВЩИКА ЗАДАЧ ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ С ПОВЫШЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ К ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ НА ОСНОВЕ АВТОМАТНОГО ПОДХОДА

Д. В. Обрезков

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

В связи со стремительным развитием отечественной индустрии встраиваемых устройств, а также, в связи с высокими требованиями к отказоустойчивости, предъявляемыми отраслевыми стандартами (КТ-178 в авиации), особо актуальной представляется проблема разработки низкоуровневого программного обеспечения, обеспечивающего малую вероятность отказа прикладных программ вследствие системных ошибок. Одним из таких низкоуровневых программных средств является планировщик задач.

Целью настоящей работы являлась разработка и исследование планировщика задач для встраиваемых систем, обеспечивающего высокую степень отказоустойчивости путем применения автоматного подхода.

Задачами исследования являлись: определение способов применения автоматного подхода при разработке низкоуровневого программного обеспечения, оценка возможности повышения отказоустойчивости встраиваемых систем путем применения аналитического и натурального моделирования, разработка прототипа планировщика задач, исследование рыночных перспектив его разработки и применения.

Методика проведения исследования заключалась в применении имитационного и натурального моделирования с последующим анализом полученных результатов. В работе поэтапно были рассмотрены математическая абстракция – конечный автомат, возможность его использования в имитационном и натурном моделировании, парадигма автоматного программирования и возможность ее применения для системного программирования. Затем были рассмотрены пути повышения отказоустойчивости при использовании парадигмы автоматного программирования и методики ее применения при разработке систем с повышенными требованиями к отказоустойчивости. В частности, был рассмотрен абстрактный пример авиа-

ционной навигационной системы и возможные варианты применения разработанного программного обеспечения (натурная модель) в её рамках.

В заключении работы приведены результаты имитационного и натурального моделирования с последующим анализом целесообразности использования разработанного прототипа. Показаны возможные направления дальнейшего развития как полученного программного обеспечения, так и автоматного подхода к разработке. Результатом работы является прототип планировщика задач для встраиваемых систем, обеспечивающий повышенную степень отказоустойчивости путем применения автоматного подхода.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ХРАНЕНИЯ СИГНАТУР В РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ СИСТЕМЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ БОРТОВОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Л. В. Савкин

Научно- производственное объединение им. С.А. Лавочкина

Одним из наиболее эффективных методов диагностирования сложных вычислительных систем с возможностью устранения неисправностей и отказов путем перехода на резервные полукомплекты аппаратуры в процессе эксплуатации бортовых систем космических аппаратов (КА) является сигнатурный анализ.

С этой целью исследуются два способа (рис. 1) аппаратной реализации методов сигнатурного анализа в реконфигурируемом вычислительном поле (РВП) системы контроля и диагностики (СКД) бортового комплекса управления (БКУ) КА, построенной на базе реконфигурируемой вычислительной структуры.

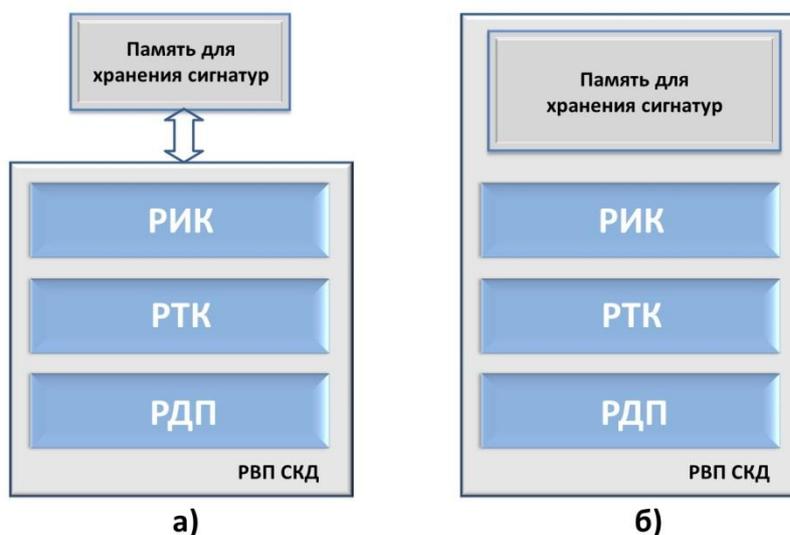


Рис. 1. Варианты способов хранения сигнатур относительно РВП СКД

Первый способ предполагает использование внешней памяти для хранения сигнатур, полученных путем предварительного наземного тестирования исправных полукомплектов цифровых вычислительных подсистем БКУ. При этом вычислительные ресурсы РВП делятся на три основных участка (рис. 1, а):

– реконфигурируемые измерительные каналы (РИК), посредством которых осуществляется независимая цифровая обработка диагностической информации;

– реконфигурируемые тестовые каналы (РТК), предназначенные для формирования тестовых цифровых сигналов с циклическим избыточным кодом;

– реконфигурируемое дублирующее поле (РДП), отведенное для формирования дискретных цифровых узлов подсистем БКУ при его диагностировании методом дублирования аппаратуры.

Второй способ заключается в реализации устройств памяти сигнатур непосредственно в выделенном фрагменте РВП (рис. 1, б). С этой целью проводится анализ наиболее эффективных способов реализации ячеек памяти на базе коммутируемых логических блоков (КЛБ) РВП. В зависимости от логико-арифметических функций КЛБ рассматриваются несколько вариантов аппаратных архитектур с возможностью задания оптимальных конфигураций элементов памяти в РВП.

Для каждого из способов предусматривается возможность глубокой реконфигурации аппаратной архитектуры РВП, реализующей сигнатурный анализ подсистем БКУ.

Литература

1. Алексеев А.А., Кораблев Ю.А., Шестопапов М.Ю. Идентификация и диагностика систем.-М.: Издательский центр «Академия», 2009.-352 с.
2. Алексеев В.Е., Таланов В.А. Графы. Модели вычислений. Структуры данных: Учебник.- Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2005. 307 с.
3. Бровкин А.Г., Бурдыгов Б.Г., Гордийко С.В. и др. Бортовые системы управления космическими аппаратами. /Под ред. проф. А.С. Сырова-М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010.-304 с.
4. Каляев И.А., Левин И.И., Семерников Е.А., Шмойлов В.И. Реконфигурируемые мультиконвейерные вычислительные структуры. Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2008.-397 с.
5. Крюков В.В. Информационно-измерительные системы. Учебное пособие.- Владивосток: ВГУЭС, 2000.-102 с.
6. Савкин Л.В. О решении задач бортового диагностирования космических аппаратов с помощью реконфигурируемых вычислительных систем. Технические науки – от теории к практике/Сб. ст. по материалам XXXIX Междунар. науч.-практ. конф. № 10 (35). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. – с. 79-87.

7. Савкин Л.В., Новичков В.М., Ширшаков А.Е. Многоуровневая реконфигурация моделей диагностических систем как средство повышения гибкости алгоритмов диагностики и контроля бортовых систем космических аппаратов. Научные технологии в приборостроении и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе: материалы Всероссийской научно-технической конференции, 25-27 ноября 2014 г. Т. 2.-М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.- с. 296-299.

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЧЁТОВ БАЗЫ ДАННЫХ «АБИТУРИЕНТ»

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

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

Актуальность задачи обусловлена тем, что одной из важных проблем в высшем образовании является обеспечение приёма абитуриентов, в том числе и информационное. На сегодняшний день не существует единой системы информационной поддержки приема, и каждый ВУЗ создаёт свою. В ЛЭТИ для обработки заявлений абитуриентов используется База данных «Абитуриент», которая имеет ряд недоработок, в том числе неудобную форму представления выгрузки заявлений в Excel. Основные недостатки – неоднократный повтор фамилий абитуриентов, зависящий от числа выбранных направлений и избыточное количество полей в выгрузке, занимающее до 5-7 страниц по горизонтали, при этом актуальная информация разнесена по таблице. Такая организация выгрузки крайне затрудняет обработку и экспресс-анализ информации, требуются ручные преобразования файла и большие временные ресурсы. Из вышесказанного проистекает необходимость создания дополнительных модулей для удобства работы членов приёмной комиссии.

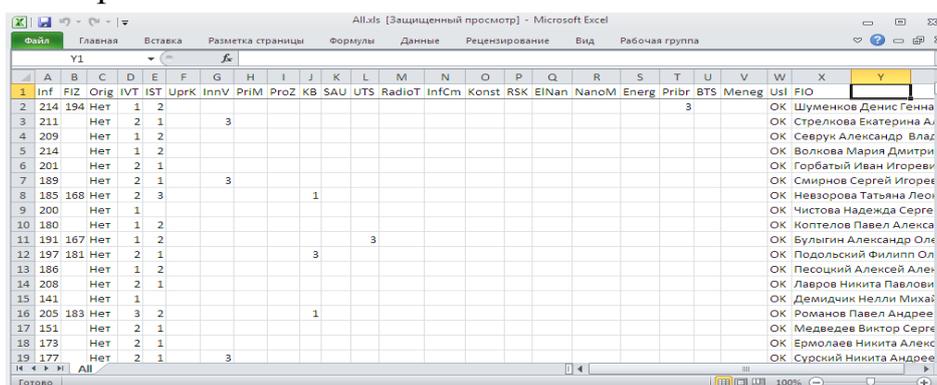


Рис. 1 Модифицированная выгрузка

Целью исследования является разработка дополнительного модуля базы данных «Абитуриент». Требования: 1. преобразование файла - одна фамилия соответствует одной строке; 2. возможность сортировки и выборки данных для анализа; 3. возможность формирования отчётов по признакам.

Для решения поставленной задачи предложен модуль преобразования выгрузки. В качестве языка программирования выбран язык С++ [1]. Исходная выгрузка представляет из себя файл в виде таблицы Excel, В процессе преобразования получена новая таблица, ограниченная по количеству столбцов и числу записей. Пример таблицы приведен на рисунке 1.

Обобщенная схема алгоритма преобразования файлов выгрузки [2] показана на рисунке 2.

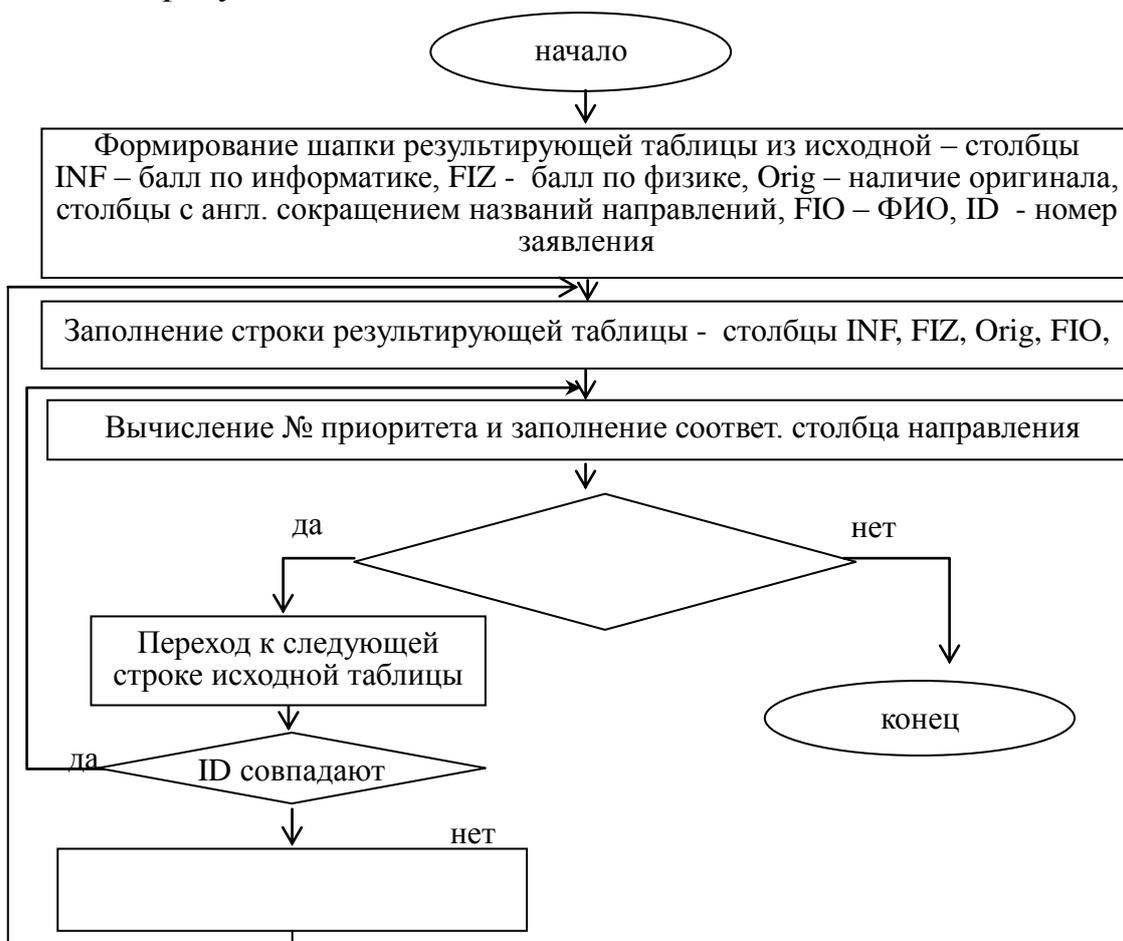


Рис. 2 Алгоритм формирования файла выгрузки для анализа приема

Таким образом, на сегодняшний день полностью решена задача преобразования файла выгрузки, 2-я и 3-я задачи решаются за счёт использования встроенных средств Excel. В дальнейшем планируется разработать отдельный интерфейс, позволяющий задать требования к отчёту и сразу же получить заданную форму представления.

Литература

1. Калмычков В.А. Использование структурированных данных при программировании на языке C++: Учеб.пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011 - 48 с.
2. А.С. Стукан, А.С. Козырева, Н.А. Румянцева, И.В. Матвеева Подсистема подготовки отчетов базы знаний «Абитуриент»//Материалы 68-й Научно-технической конференции ППС СПбГЭТУ «ЛЭТИ» Санкт-Петербург, 28 января- 5 февраля 2015.

ДЕКОМПОЗИЦИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ СТРУКТУР ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ В КОД ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ

Ю. А. Челебаева, С. В. Челебаев

Рязанский государственный радиотехнический университет

Аппарат искусственных нейронных сетей (ИНС) является эффективным средством, на базе которого осуществляется процесс формализованного синтеза устройств преобразования частоты в код, определяемых как ИНС-преобразователи [1].

В известных публикациях [2] освещены вопросы синтеза нейросетевых линейных и нелинейных частотно-цифровых преобразователей, реализующих функциональные зависимости одной переменной. Однако не описаны вопросы синтеза нейросетевых преобразователей, реализующие функциональные зависимости двух переменных.

Нейросетевая структура преобразователя $x_1, x_2 \rightarrow y_N^*$ с двоично-позиционным способом кодирования цифрового эквивалента y_N^* :

$$y_N^* = \beta_m \beta_{m-1} \dots \beta_1 = \sum_{i=1}^m \beta_i \cdot 2^{i-1} \quad (1)$$

может быть построена также путем декомпозиции устройства на 2 части.

В качестве 1-й части выступает двухслойный персептрон, используемый для промежуточного нахождения цифрового эквивалента $y_n^* = f(x_1, x_2)$ в диапазоне 100...0, 010...0, ..., 000...1 в виде:

$$y_n^* = \psi_1 \psi_2 \dots \psi_k. \quad (2)$$

В качестве 2-й части выступает однослойный персептрон, осуществляющего преобразование $y_n^* \rightarrow y_N^*$.

Достоинством предлагаемой структуры (рис. 1) является не только снижение ее сложности, но также и упрощение (и соответственно сокращение длительности) процедуры настройки весов ее синаптических связей за счет последовательного обучения 1-й, а затем и 2-й компоненты преобразователя как более простых по отдельности. Поэтому вначале формируется структура ИНС-преобразователя, описываемая в виде матриц весовых коэффициентов для двухслойного персептрона $x_1, x_2 \rightarrow y_n^*$, а затем определяется структура однослойного персептрона $y_n^* \rightarrow y_N^*$.

Первый компонент сети (см. рис. 1) в виде двухслойного персептрона описывается системой:

$$\psi_i = F^{(2)} \left(\sum_{r=1}^{2^m} w_{r,i}^{(2)} F^{(1)} \left(\sum_{j=1}^3 w_{j,r}^{(1)} x_j \right) \right), \quad i = \overline{[1, 2^m]},$$

где x_1, x_2 – преобразуемые частоты;

$x_3 = \Delta x_0 = x_{\max} / k$ – дискрет преобразования; ψ_i – разряды кода (2);

$w_{j,r}^{(k)}$ – коэффициент, задающий вес синаптической связи между j -м нейроном $(k-1)$ -го слоя и r -м нейроном k -го слоя;

$F^{(1)}$ и $F^{(2)}$ – пороговые функции активации:

$$F^{(l)}(S_i^{(l)}) = \begin{cases} 1, & \text{если } S_i^{(l)} \geq \theta_i^{(l)}; \\ 0 & \text{иначе,} \end{cases} \quad (3)$$

где $S_i^{(l)}$ – выход суммирующего устройства i -го нейрона l -го слоя;

$\theta_i^{(l)}$ – значение порогового элемента i -го нейрона l -го слоя.

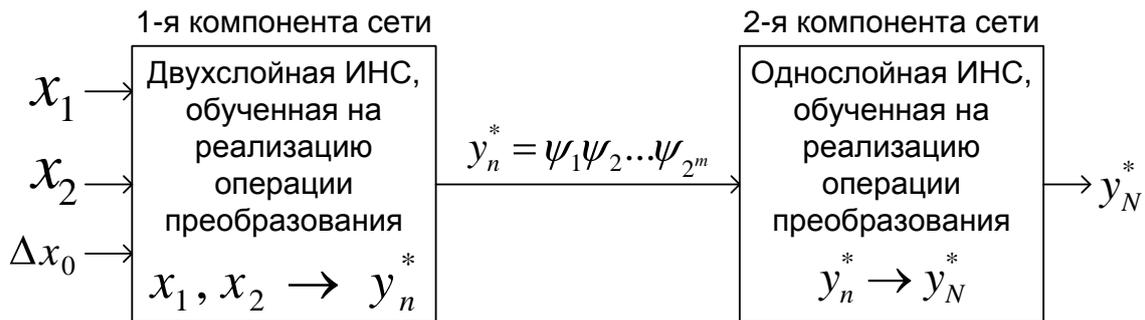


Рис. 1. Нейросетевая структура преобразователя $x_1, x_2 \rightarrow y_N^*$ в виде совокупности двух- и однослойного персептронов

Второй компонент сети описывается системой:

$$\beta_i = F^{(3)} \left(\sum_{j=1}^{2^m} w_{j,i}^{(1)} \psi_j \right), \quad i = \overline{[1, 2^m]},$$

где $F^{(3)}$ – функция активации вида (3); β_i – разряды кода (1).

Предложенная структура преобразователя реализована на языке описания аппаратуры VHDL.

Литература

1. Болтунов Е.В. Нейросетевой метод расширения динамического диапазона аналого-цифрового преобразователя // Перспективы развития информационных технологий. 2011. № 4. С. 79-83.
2. Avitabile G., Forti M., Manetti S., Marini M. On a class of nonsymmetrical neural networks with application to ADC // IEEE Circuit and Systems, vol. CAS-38, Feb 1991, pp. 202-209.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ОБЩНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ И НАБЛЮДАЕМОСТИ БАЗОВЫХ МОДЕЛЕЙ БИОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Е. Д. Исупова

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

Описать этап биохимической очистки сточных вод можно с помощью нескольких базовых математических моделей, простейшей из которых является модель Моно. Кинетика процесса лежит в основе получения всех других рассматриваемых моделей. Система уравнений имеет вид:

$$\begin{aligned}\frac{dX}{dt} &= -\frac{X}{T} + \frac{\mu_m X L}{K_L + L}; \\ \frac{dL}{dt} &= \frac{L^{BX} - L}{T} - \frac{\mu_m X L}{Y(K_L + L)},\end{aligned}$$

где X – концентрация активного ила; L – концентрация субстрата; T – период аэрации; μ_m – максимальная удельная скорость роста биомассы ила [ч^{-1}]; K_L – константа полунасыщения, равная концентрации субстрата, при которой скорость процесса равна $\mu_m/2$ [$\text{кг}/\text{м}^3$]; L^{BX} – начальная концентрация реагента [$\text{мг}/\text{л}$]; Y – коэффициент трансформации субстрата в биомассу [кг ила/ кг субстрата].

На базе модели Моно могут быть построены модели Герберта, Халдейна, Кенейла [1]. Каждая из них привносит новое свойство в систему. Так, например, модель Герберта учитывает фазу отмирания ила, модель Халдейна описывает ингибирующие свойства, модель Кенейла представляет взаимодействие не только ила и субстрата, но еще и простейших.

Условие общности положения (УОП) [2] было исследовано с целью установления принципиальной возможности управления данными биохимическими процессами. Если для модели Моно положить $u = L^{BX}$, то УОП может быть записано в следующем виде

$$0 = \frac{\mu_m X}{(K_L + L)^2 T^2}.$$

Были получены различные соотношения УОП для разных моделей, но все результаты отвечают общей физике процесса. Положим, что можно регулировать только поступающей концентрацией субстрата, тогда при полном отмирании активного ила субстрат не может быть переработан, следовательно, система становится не управляемой.

В реальных условиях измерить концентрацию ила невозможно, однако с помощью лабораторных проб и исследований можно дискретно измерять концентрацию субстрата в биореакторе [3]. В то же время с помощью синтеза наблюдателя состояния можно попытаться с некоторой точностью восстановить концентрацию активного ила в системе.

Синтез наблюдателя состояния возможен, если выполняется критерий наблюдаемости для нелинейных систем, записанный в терминах рассматриваемых моделей:

$$\frac{dL}{dt} = G_0(L, L^{BX}) + G_1(L)X, \text{ где } G_1(L)X \neq 0.$$

Для модели Моно (4) критерий наблюдаемости имеет следующий вид:

$$G_0 = \frac{1}{T}(u - L), \quad G_1 = \frac{-\mu_m L}{(K_L + L)Y};$$

$$H_0 = 0, \quad H_1 = -\frac{1}{T} + \frac{\mu_m L}{K_L + L}.$$

Очевидно, что наблюдатель может быть построен для состояний, когда концентрация субстрата ненулевая. Аналогично могут быть построены наблюдатели для моделей Герберта и Халдейна. Модель Кенейла представляет собой цепочку из субстрата, которым питается активный ил, который является пищей простейших.

В данной работе рассматриваются динамические свойства общности положения (управляемости) и наблюдаемости для базовых моделей биологической очистки сточных вод. Управление всеми системами возможно с некоторыми ограничениями, которые коррелируют с физикой процессов. Критерий наблюдаемости так же выполняется, однако необходимо оценить эффективность и целесообразность использования наблюдателей для реальных систем.

Литература

1. Вавилин В. А., Васильев В. Б. Математическое моделирование процессов биологической очистки сточных вод с активным илом. М.: Наука, 1979. 119 с.

2. Баранов А.В., Душин С.Е. Анализ условий общности положения нелинейных систем методами дифференциальной геометрии // Мехатроника, автоматизация, управление. М.: Изд-во «Новые технологии», 2006, №5. С. 2-6.
3. Марков Н.Б., Грудяева Е.К. Современные сооружения очистки сточных вод от азотно-фосфорных и органических соединений с применением технологии МБР Air-Lift // Водоснабжение и канализация. 2012. № 7-8. С. 90–100.

ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ

Е. И. Некрасова

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

В течение последних нескольких лет наблюдается повышенный интерес к искусственным нейронным сетям, связанный с их успешным применением в различных областях – медицине, бизнесе, геологии, физике. Нейронные сети имеют богатые возможности, решают задачи прогнозирования, управления, классификации. Нейронные сети - исключительно мощный метод моделирования, позволяющий воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости, к тому же нейронные сети нелинейны по своей природе. Нейронные сети просты в использовании. После отбора данных запускается алгоритм обучения, который автоматически воспринимает структуру данных. В будущем развитие таких нейро-биологических моделей может привести к созданию действительно мыслящих компьютеров, то есть искусственного интеллекта.

Для изучения искусственного нейрона в работе проводятся параллели с биологическим нейроном. Рассмотрено функционирование базовой модели нейронной сети.

В работе проиллюстрированы задачи, решаемые с помощью нейронных сетей. Для их решения необходимо условие связи между входными значениями и неизвестными выходами. Примечательным является также то, что зависимости между входом и выходом находятся в процессе обучения. Исследованы алгоритмы обучения нейронной сети. Для управляемого обучения подбирается набор обучающих данных и уже известных для них выходов. Тогда сеть учится устанавливать между ними связь. Хорошо обученную цепь можно в дальнейшем использовать для прогнозирования.

Наиболее интересно неуправляемое обучение сети, при котором имеются только входные данные, так называемая сеть Кохонена. Основным элементом этой сети является слой Кохонена, состоящий из линейных сумматоров. Сеть Кохонена учится понимать саму структуру данных и решает задачи кластеризации.

В результате исследования можно сделать вывод, что нейронным сетям предстоит пройти тот же путь, по которому еще совсем недавно разви-

вались компьютеры, увеличивая свои возможности и производительность, захватывая новые сферы применения по мере возникновения новых задач и развития технической основы для их разработки.

Литература

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. А.В. Напалков, Л.Л. Прагина. Мозг человека и искусственный интеллект. –М.: Наука,1985.- 120 с.
4. Мкртчян С.О. Нейроны и нейронные сети. (Введение в теорию формальных нейронов) — М.: Энергия, 1971. — 232 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ В ФУНКЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ

И. В. Брейдо, В. В. Каверин, Г. С. Нурмаганбетова

Карагандинский государственный технический университет

Асинхронные нерегулируемые электроприводы нашли широкое применение в промышленности, например, для приводов крановых установок малой мощности, а также различных грузовых лебедок, компрессорных установок и буровых станков, необходимых в производстве. Электродвигатели в этих установках работают в повторно-кратковременных режимах (S3, S4, S5) с частыми пусками [1].

На основании проведенных исследований в [2] установлена связь параметров динамической электромеханической характеристики с температурой обмоток асинхронного электродвигателя (АД). Получение этой характеристики в период пуска нерегулируемого асинхронного электропривода работающих в повторно-кратковременном режиме, позволяет косвенно определить температуру после завершения пуска АД.

Разработка устройств защиты для нерегулируемых асинхронных электродвигателей от перегрева статорных обмоток на базе косвенных методов позволит значительно повысить надежность и продолжительность работы нерегулируемого асинхронного электропривода в режимах с частыми пусками.

С появлением на рынке высокопроизводительных недорогих контроллеров появилась возможность осуществить разработку идентификаторов температуры статорных обмоток двигателей на базе модели с использованием метода пространственного вектора для асинхронных электродвигателей.

Анализ исследований влияния температурных факторов на изменение сопротивления статорных обмоток электродвигателей средней мощности показал целесообразность построение систем защиты на базе косвенных методов.

С целью определения зависимости, параметров динамической электромеханической характеристики в функции температуры статорных об-

моток, разработана имитационная модель, которая представлена на рисунке 1.

В процессе имитационных экспериментов определялось влияние изменения сопротивления статорных обмоток, на примере электродвигателя 4A280S4Y3 с номинальной угловой скоростью 750 об/мин, достигших величины четырехкратного пускового тока статора.

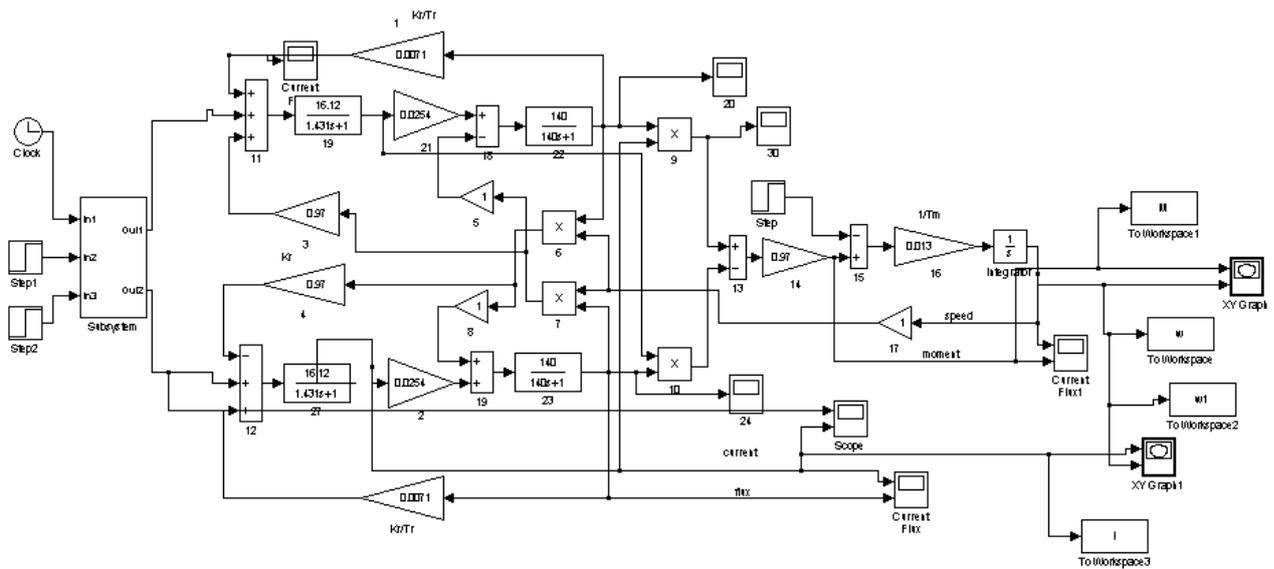


Рисунок 1 – Имитационная модель асинхронного двигателя

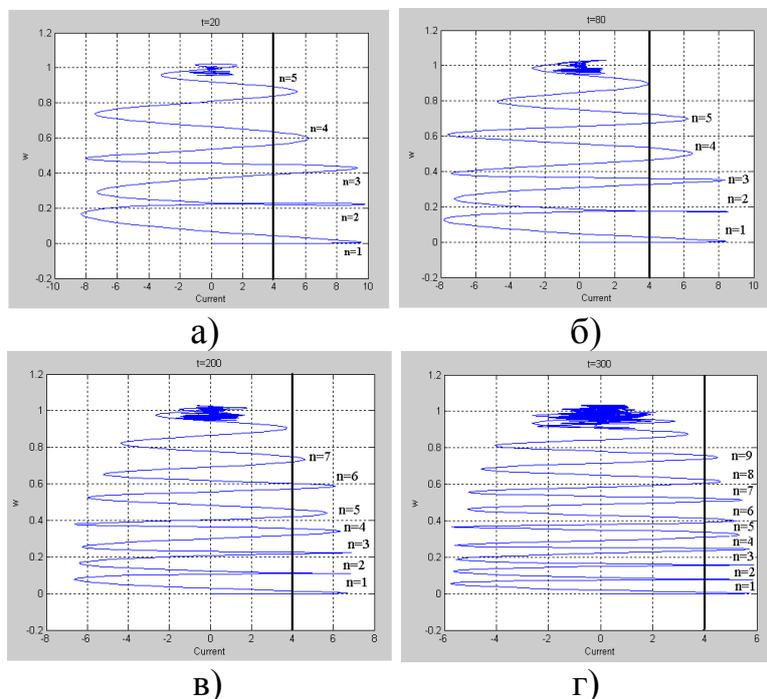


Рисунок 2 – Динамическая электромеханическая характеристика в режиме пуска: а) для температуры 20 °C, б) для температуры 80 °C, в) для температуры 200 °C, г) для температуры 300 °C

Исследование проводилось в диапазоне температур $20\div 250^{\circ}\text{C}$, верхний предел которого, определялся классом изоляции обмоток статора. Как видно из семейства динамических электромеханических характеристик для различных значений температуры, представленных на рисунке 2, количество пульсаций (таблица 1), достигших четырехкратного значения тока статора имеет зависимость от температуры. Графическая форма зависимости представлена на рисунке 3.

Таблица 1

Тип двигателя	P_n , кВт	η	t	n
4A280S4Y3	110	750 об/мин	20	5
			80	5
			125	6
			200	7
			250	8
			300	9

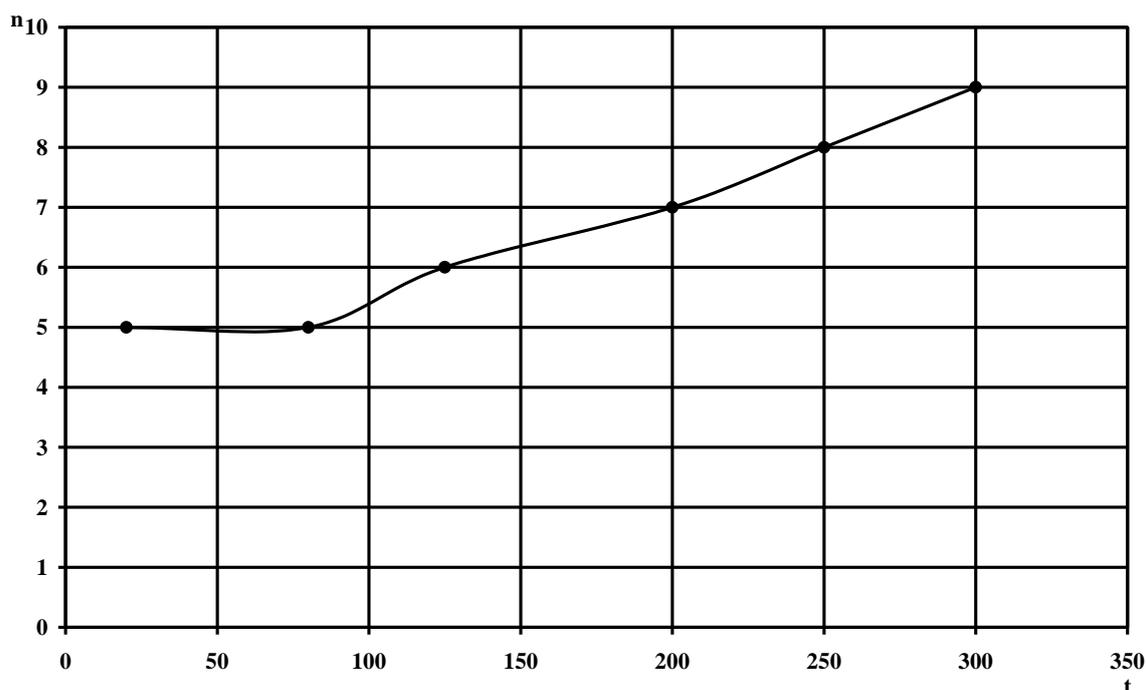


Рисунок 3 - Зависимость количества пульсаций тока от температуры статорных обмоток в режиме пуска

Характер изменения количества пульсаций в диапазоне температур статорных обмоток от 20°C до 300°C имеет зависимость, очень близкую к пропорциональной. Данный метод определения температуры статорных обмоток позволяет, построить защиту АД от перегрева.

Литература

1. М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер. Общий курс электропривода. – Москва.: Энергоиздат, 1981.
2. Брейдо И.В., Каверин В.В., Нурмаганбетова Г.С. Определение диапазона изменения активного сопротивления и коэффициентов модели асинхронных электродвигателей серий 4А.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ НА БАЗЕ ОБЛАЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Ю. Ф. Булатбаева¹, Д. Ә. Әкімбеков¹, М. А. Бейсенби²

¹*Карагандинский государственный технический университет*

²*Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилёва*

Цель исследований заключается в разработке автоматизированной учебно-исследовательской лаборатории на базе облачной технологии с имеющимся комплектом оборудования: сервер, коммутатор, Ethernet-адаптеры, 6 рабочих мест («тонкий клиент»), 24 ноутбука (клиентские машины), стенд с частотноуправляемым приводом – имитатором насосных агрегатов, стенд-имитатор интеллектуального исполнительного механизма.

Идея исследований состоит в создании такой системы на примере стенда-имитатора теплоснабжающих комплексов мегаполисов (ТКМ). ТКМ как многомерные и распределенные объекты контроля и управления требуют использования нестандартных подходов к построению систем мониторинга и управления параметрами ТКМ. Для реальных ТКМ, и для стенда-имитатора ТКМ, предполагается реализовать подобную систему на базе принципов облачных технологий.

Основная идея этой информационной технологии заключается в том, что всё основное программное обеспечение располагается в Интернете. То, что нужно Пользователю, должно быть получено в сервере Интернет-провайдера.

В настоящей работе этот принцип трансформируется следующим образом:

1. Сервер, коммутатор, Ethernet-адаптеры, 6 рабочих мест («тонкий клиент»), 24 ноутбука (клиентские машины), стенд 1 с частотноуправляемым приводом – имитатором насосных агрегатов, собственной ПЭВМ и ПЭВМ с автоматизированной системой научных исследований (АСНИ), стенд 2 с собственной ПЭВМ, ПЭМВ с информационно-графической системой планирования и принятия решений (ИГС СППР) типа ТГИД-05 интегрированных с SCADA-системами, сервисное оборудование (источники бесперебойного питания, принтеры, сканеры, графические экраны и т.п.) – составляют аппаратное обеспечение стенда-имитатора ТКМ. 24 ноутбука установлены в учебных лабораториях.

Тонкий клиент (англ. thin client) в компьютерных технологиях — бездисковый компьютер-клиент в сетях с клиент-серверной или терминальной архитектурой, который переносит все или большую часть задач по обработке информации на сервер.

В роли клиента может выступать любой ПК, но, поскольку на нем почти не выполняются операции по обработке данных, в качестве тонких клиентов можно применять и недорогие терминалы, имеющие низкую производительность, не содержащие компоненты с движущимися частями (жесткие диски, вентиляторы), оснащенные, как правило, устройствами с весьма ограниченным объемом памяти (ОЗУ).

При работе в терминальной системе все прикладные программы, данные и параметры настроек хранятся на терминальном сервере. Это даёт много преимуществ, как в плане начального развёртывания рабочих мест (нет необходимости устанавливать программное обеспечение на каждом терминале), более удобного проведения резервного копирования данных (надо копировать только содержимое сервера), восстановления сессий после сбоев (все пользовательские сессии автоматически сохраняются на сервере).

Еще одно преимущество технологии тонких клиентов состоит в том, что она ориентирована на пользователей, пользующихся дистанционным доступом. Если какое-то время пользователю нужно работать вне учебной лаборатории, где размещены клиенты и сервер, эта проблема легко и безболезненно решается с помощью систем на базе тонких клиентов.

2. Системное, сетевое, специальное программное (лицензионное программное обеспечение типа LabVIEW, SCADA Winn CC, EXCEL, MatLab, MATCAD, STEP 7 и др.) устанавливается на сервере и доступно для рабочих мест и клиентских машин по каналам локальной и глобальной сети.

3. Дифференцируются процессы и события таких атрибутов, как хранилище, сеть, технологии виртуализации, средства мониторинга и управления между сервером, рабочими станциями и клиентскими машинами.

Учебный класс, стенды - имитаторы ТКМ, сервер, его сопутствующее программно-аппаратное обеспечение рассматриваются как объекты мониторинга и управления – аналоги реальной ТКМ.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ТОКОВ УТЕЧКИ И ТОКОВ РАСТЕКАНИЯ ПО ЭЛЕМЕНТАМ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ОПОРЫ

С. В. Войткевич

Карагандинский государственный технический университет

Протяжённость высоковольтных линий электропередач (ВЛЭП) в Республике Казахстан превышает 23 тыс.км, причем их большая часть пролегает вне населённых пунктов. Любая авария, на ВЛЭП напряжением 110-500 кВ, связанная с пробоями изоляции, обрывом токоведущих проводов, падением опор, приводит к перебоям электроснабжения целых регионов республики.

Так как указанные ВЛЭП линии являются стратегическими для системы электроэнергетики Казахстана, то ущерб от их аварий значителен.

В процессе эксплуатации элементы конструкции опор ВЛЭП, расположенные под землёй, контактируют с различными средами: грунтом, водой, воздухом и, кроме того, подвергаются воздействию блуждающих в грунте токов, наводимых токоведущими элементами ВЛЭП. В связи с наличием дрейфующих ионов в грунте, вызванных утечками и электромагнитными полями ЛЭП возникают процессы электрохимической коррозии, что приводит к активному разрушению металла и железобетона, и соответственно элементов опор ВЛЭП. Эффект электрохимической коррозии описывается в виде уравнений электрохимических реакций.

Данная форма представления процессов не дает возможности выявить влияние конкретных факторов электрохимической коррозии для конкретных конструкций опор ВЛЭП.

Как известно, одной из важнейших причин электрохимической коррозии является характер и величины токов утечки по элементам опоры и токи растекания в почве, вызываемые наведенными электромагнитными полями.

Проведенный анализ не выявил наличие моделей, описывающих влияние токов утечки и токов растекания на элементы конструкции опор ВЛЭП [1-2].

Для разработки модели воспользуемся классическими методами теоретических основ электротехники. Преимуществом этих методов является их универсальность.

Модель создавалась для высоковольтной опоры типа ПБ – 500. Опора ВЛЭП порталного типа с шарнирно закрепленными у фундаментов и траверсы стойками и вынесенными из плоскости портала оттяжками. Стойки и траверсы представляют собой либо металлические фермы, либо полые железобетонные трубы. Оттяжки выполняются либо из гибкого стального троса, либо из круглой низколегированной стали. Оттяжки опор ВЛЭП - 500 выполняются из двух гибких стальных тросов, свитых между собой.

Для рассматриваемых приложений наиболее подходящим является метод контурных токов. В обобщенной модели, выполненной на основании этого метода, достаточно просто осуществить ее декомпозицию на элементарные контуры распределения токов утечки и по элементам опоры и токов растекания в почве, что обеспечивает наглядность модели.

В результате была получена система уравнений, представляющая математическую модель опоры типа ПБ – 500.

Таким образом, данная модель позволяет:

- описать характер и величины токов утечки по всем элементам опоры;
- взаимодействие токов утечки и токов растекания в почве на элементах опоры, расположенных под землей;
- выявить наиболее уязвимые элементы опор, подверженные электрохимической коррозии;
- разработать рекомендации по изменению конструкции опоры для минимизации токов утечки;
- рассчитать токи для катодной защиты.

Аналогичная модель может быть разработана для любой конструкции опоры.

Литература

1. Брейдо И.В., Каверин В.В., Войткевич С.В. Методы защиты от электрохимической коррозии подземных элементов ВЛЭП// Республиканский журнал/ Труды университета. – 2014, №2. – С. 102-105.
2. Захаров А.А., Попов В.В., Николашкин С.В. Разработка математической модели и рекомендаций по надежной эксплуатации ВЛ-110 кВ на участке «Якутск-Чурапча-Хандыга». Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Амосова том 2, № 4, 2005. – С.94-99.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА РЕЗИНОТКАНЕВОЙ ЛЕНТЫ

Л. И. Дайч, А. Е. Шахметова

Карагандинский Государственный технический университет

Уникальные конструкционные свойства резины predeterminedили широкое ее применение в самых различных отраслях промышленности и в быту. Задача механизации тяжелых и трудоемких работ по транспортировке различных материалов может быть решена только при широком применении конвейеров различных типов. Основным элементом ленточных конвейеров является резиновая лента, являющаяся гибким элементом транспортирующей установки, передающим тяговое усилие от приводного барабана.

Конвейерная лента состоит из каркаса, осуществляющего передачу тягового усилия, и наружных обкладок, защищающих каркас от механических и атмосферных воздействий. По видам каркаса ленты подразделяют на резинотканевые и резинотросовые.

Резинотканевые ленты обычно состоят из нескольких слоев прорезиненной ткани и одной или двух наружных резиновых обкладок. В большинстве случаев борта изолируют резиной. В соответствии с конструкцией конвейерных лент применяемые резиновые смеси принято подразделять на две группы: для каркаса (прослоечные и промазочные) и для наружных обкладок. Резина для каркаса должна обладать высокой прочностью связи с тканью и обкладочной резиной, низкие модули сдвига и твердость, и т.д. Резиновая обкладка конвейерных лент защищает каркас от атмосферных, механических, термических и прочих воздействий. Она должна обладать прочностью при растяжении, гибкостью, эластичностью, прочностью связи с резинотканевым каркасом, стойкостью к воздействию атмосферных условий.

Процесс изготовления конвейерных лент происходит в несколько этапов. Сначала на каландре методом листования производится наложение двухсторонней резиновой прослойки на ткань. Затем начинается технологический процесс сборки сердечника методом последовательного наложения необходимого числа слоёв.

Обкладка тканевых каркасов лент резиновой смесью производится одновременно с двух сторон. Обкладка каркасов лент производится хорошо разогретой резиновой смесью. Заготовки лент подаются мостовым крапом к вулканизационному прессу, где производится вулканизация на гидравлических прессах, обогреваемых маслом «Равенол». Продолжительность цикла вулканизации зависит от состава резиновых смесей, температуры, толщины конвейерной ленты.

Наиболее типичным видом разрушения при эксплуатации конвейерных лент является абразивный износ рабочей обкладки, характер и скорость которого определяют долговечность ленты. Скорость износа рабочей обкладки лент неравномерна.

На долговечность обкладки в тяжелых условиях эксплуатации большое влияние оказывает качество резины, которое в свою очередь зависит от соблюдения технологических параметров при производстве конвейерных лент.

В существующей системе автоматический контроль проводится за отдельными параметрами. Общий процесс контроля и управления осуществляется оператором. То есть процесс управления – автоматизированный.

Проведенный анализ технологического процесса показал, что одновременный контроль основных технологических параметров и поддержание их на заданном уровне с высокой точностью позволит исключить человеческий фактор при производстве конвейерных лент. Для повышения качества технологического процесса и обеспечения автоматического управления при производстве конвейерных лент предложено применить SCADA систему. Также предлагается контролировать температуру окружающей среды и вносить поправочные коэффициенты для обеспечения оптимальных режимов. Для предложенной системы были разработаны функциональная схема и алгоритм работы автоматической системы производства конвейерных лент.

Предложенная модернизация поможет обеспечить оперативный доступ к основным параметрам технологического процесса (при необходимости), обеспечить гибкость настройки при переходе к различным технологиям, полностью автоматизировать процесс, обеспечить архивацию технологических параметров на протяжении всего производственного цикла, повысить качество выпускаемой продукции.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАБОЧЕЙ ОБЛАСТИ РЕКУПЕРАТИВНОГО РЕЖИМА ТИРИСТОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

А. С. Кондрашева, Г. А. Эм

Карагандинский государственный технический университет

При всеобщем увлечении частотно-регулируемым асинхронным электроприводом в последние годы неоправданно ослаб интерес к электроприводу постоянного тока, в частности с машиной постоянного тока независимого возбуждения. Между тем двигатели постоянного тока с независимым возбуждением различных серий и модификаций продолжают выпускать, совершенствовать и широко использовать на практике.

При этом замечательные регулировочные характеристики, жесткость механических характеристик, высокая плотность энергии и экономичность машин постоянного тока обеспечили их распространение во многих отраслях промышленности. В частности, электропривод постоянного тока, выполненный по системе «тиристорный преобразователь – двигатель» (ТП-Д) используется в шахтных подъемных установках, экскаваторах, крановых механизмах, угледобывающих комбайнах, буровых установках и др. Технологическое оборудование, в котором применяется данный тип привода, часто требует использования генераторных режимов, в том числе, рекуперативного с передачей энергии в сеть. Двухкомплектный (реверсивный) электропривод системы ТП-Д обеспечивает работу во всех четырех квадрантах механической характеристики как в двигательном, так и в рассматриваемом генераторном режиме [1].

Однако улучшение эксплуатационных характеристик четырехквadrантного тиристорного электропривода постоянного тока и повышение его надежности в генераторных режимах средствами регулируемого электропривода в настоящее время наталкивается на ряд технических трудностей. Так, к нерешенным вопросам применения рекуперативного торможения, в том числе, относится определение реального диапазона существования этого режима по скорости [2].

Для исследования генераторных режимов работы тиристорного электропривода был использован известный пакет прикладных программ *Mat-Lab 7.0.1 – Simulink 6.1*. При моделировании использовались характеристики двигателей серии 4ПФ (4ПФ132L, 4ПФ160L и 4ПФ180L) различной

мощности, но с одинаковыми номинальными значениями угловой скорости и напряжения якоря. В процессе моделирования раскручивающий момент изменялся в диапазоне от 0 до номинального значения M_H , соответствующего каждому типу электрической машины.

В результате проведенных экспериментов были получены семейства механических характеристик при изменении угла управления тиристорной инверторной группы от 90° до 130° . На их основе посредством компьютерной графики была построена двухполостная объемная фигура, определяющая обобщенную рабочую область рекуперативного режима для указанного типа двигателей (рис.1).

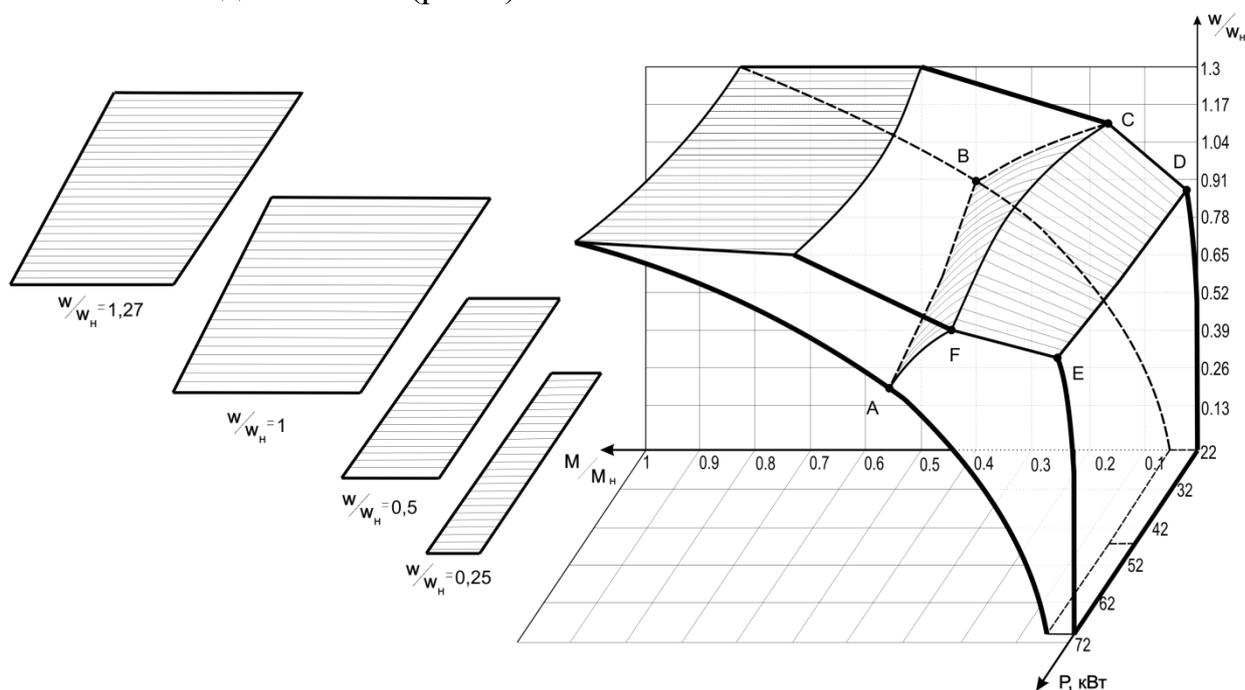


Рис.1. К определению рабочей области рекуперативного режима

Здесь криволинейная плоскость ABCDEF, разделяющая объемную фигуру на две неравные части, является своеобразной границей между зонами, характеризующими работу электропривода в режимах непрерывного (верхняя часть фигуры) и прерывистых токов (нижняя часть фигуры).

Слева от объемной фигуры изображены ее разрезы, выполненные с помощью аксонометрических проекций и соответствующие значениям $\omega/\omega_n=0,25; 0,5; 1$ и $1,27$.

Анализ результатов имитационных экспериментов показал, что для рассмотренных типов двигателей в режиме рекуперации энергии в сеть:

1. рабочий диапазон угла управления тиристорами инверторной груп-

пы составляет $\alpha=90^0 \dots 130^0$;

2. с увеличением мощности электропривода наблюдается повышение жесткости характеристик, что объясняется уменьшением падения напряжения при увеличении сопротивления якорной цепи;

3. диапазон регулирования скорости вниз от номинального значения соответствует в основном режиму прерывистых токов;

4. режим непрерывного тока осуществим практически лишь для углов управления от 90^0 до 110^0 ;

5. во всем диапазоне рассматриваемых мощностей электродвигателей обнаруживается зона неприменимости рекуперативного режима, ограниченная сверху минимальным углом управления инвертора для рекуперативного режима 90^0 .

Таким образом, рабочая область рекуперативного режима ограничена вниз от основной скорости углом управления тиристором 90^0 . При этом сужение диапазона рекуперации объясняется импульсным характером работы и односторонней проводимостью вентилей тиристорного преобразователя: поскольку режим рекуперативного торможения может быть реализован только тогда, когда амплитудное значение ЭДС двигателя превышает мгновенное значение ЭДС источника энергии по модулю, это приводит к значительному уменьшению области реализации рекуперативного режима [2, 3].

Литература

1. Ключев В.И. Теория электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.
2. Эм Г.А., Брейдо И.В. Тиристорный электропривод постоянного тока горных машин: Влияние импульсного характера работы силового преобразователя на свойства тиристорного электропривода постоянного тока: монография / LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Germany, 2012. – 83 с.
3. Брейдо И.В., Эм Г.А. Границы существования рекуперативного режима в тиристорном электроприводе постоянного тока // Вестник Алматинского института энергетики и связи. – 2008. – № 3. – С.52-54.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС, УПРАВЛЯЮЩИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПЕРЕМЕННЫМИ ТЕПЛОСНАБЖАЮЩИХ СИСТЕМ

А. Б. Крицкий, Ю. Н. Дементьев

Томский политехнический университет

Цель исследований заключается в разработке энергоэффективного электротехнического комплекса, управляющего технологическими переменными теплоснабжающих систем мегаполисов средствами программно-информационного комплекса (ПИК), интегрированными с SCADA-системами и с частотно управляемыми асинхронными электроприводами насосных агрегатов.

Идея исследований состоит в формировании множества задающих воздействий на системы управления частотно-управляемых асинхронных электроприводов насосных агрегатов, с целью обеспечения минимально возможных отклонений технологических переменных теплоснабжающего комплекса мегаполиса от эталонных значений, рассчитанных и моделируемых средствами ПИК.

На этапах разработки и проектирования систем теплоснабжения мегаполисов (СТМ) появляется возможность вводить любые технологические и структурные вариации СТМ и определять эталонные и граничные состояния систем управления электроприводами, а в процессе нормальной и аварийной работы осуществлять адаптивное супервизорное управление, использующее базу накопленных результатов имитационных исследований для принятия решений по управлению приводами насосных агрегатов.

В соответствии с поставленной целью и идеей в работе решаются следующие основные задачи

1. Выбор критериев эффективности функционирования СТМ. Такими критериями для СТМ являются пьезометрические графики, формируемые с помощью частотно-управляемых асинхронных электроприводов насосных агрегатов, и списки технологических переменных для множества участков и узлов магистральной сети.

2. Анализ, выбор и разработка математических моделей режимов работы электротехнических комплексов и трубопроводных сетей систем теплоснабжения мегаполисов.

3. Определение критериев энергосбережения, энергоэффективности и динамической нагруженности электроприводов, входящих в электротехнические комплексы теплоснабжающих комплексов мегаполисов (ТКМ – аналог СТМ).

4. Разработка алгоритмов управления технологическими переменными ТКМ, координатами и параметрами насосных станций с частотно-регулируемыми электроприводами.

5. Разработка принципов построения супервизорных систем управления электротехническими комплексами централизованного теплоснабжения мегаполисов.

6. Разработка алгоритмов и методов реализации супервизорных систем управления электротехническими комплексами централизованного теплоснабжения мегаполисов.

Методика получения результатов заключается в имитационных исследованиях средствами ПИК работы множества электроприводов насосных агрегатов СТМ с целью поиска оптимальных совместных статических характеристик электропривода каждой насосной установки и СТМ, как нагрузки электропривода, при ограничении на форму и характеристики пьезометра в характерных точках сети.

Научная новизна работы:

1. Предложена новая информационная технология оптимизации функционирования теплоснабжающих комплексов мегаполисов, заключающаяся в моделировании эталонных, оценке фактических и корректировке отклонений режимов. Корректировка осуществляется с помощью введения необходимых управляющих воздействий на автоматизированные электроприводы множества насосных агрегатов.

2. Разработан программный комплекс (см. выше – ПИК) – информационно-графическая система ТГИД-05kz, являющаяся средством расчета множества оптимальных статических характеристик магистральных сетей, и задающих воздействий частотно-управляемых асинхронных электроприводов.

3. Разработаны методы описания больших магистральных гидравлических тепловых сетей любой размерности на основе матричного представления узлов и ветвей и визуального описания направленными графами.

4. Определены критерии оптимизации режимов ТКМ, энергосбережения, энергоэффективности и динамической нагруженности электроприводов насосных агрегатов.

Научные результаты исследований заключаются в: системном подходе к процессу формирования эталонных статических режимов электроприводов насосов для возможных вариаций структур и параметров тепловых сетей мегаполисов; методике имитационного моделирования средствами ПИК статических режимов электроприводов при их работе в тепловых сетях мегаполисов.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ДЛЯ СТЕНДА "СРЕДСТВА ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ФИРМЫ SIEMENS"

Г. И. Паршина, Д. А. Акимбеков

Карагандинский Государственный технический университет

Стенд «Средства промышленной автоматизации Siemens», разработан на кафедре АПП, КарГТУ и включает в себя следующее оборудование:

- LOGO 12/24 RC и дополнительные модули для него;
- контроллер S7-200 (CPU 224) и дополнительные модули для него;
- кнопочная панель TD 200;
- контроллер SIMATIC S7 1200 (CPU 1212C);
- SIMATIC HMI Basic panel KTP600 mono PN;
- контроллер SIMATIC S7-300 (CPU 314C-2DP);
- SIMATIC HMI panel TP 177B 6 mono DP.

Предлагаемый лабораторный комплекс разработан для изучения программного обеспечения фирмы SIEMENS TIA Portal. Нельзя сказать, что STEP7, как основной программный продукт для программирования контроллеров SIMATIC S7, безнадежно устарел, но заложенные пятнадцать лет назад концепции уже нельзя назвать передовыми, хотя они и не утратили сегодня актуальность. Назрела необходимость качественного скачка, перехода к новым пользовательским интерфейсам, новым подходам к интеграции комплексных проектов и приемам работы.

Таким «скачком» является программный продукт TIA Portal, имеющий в своем составе SIMATIC STEP 7 V11, с помощью которого можно конфигурировать, программировать, испытывать и диагностировать модульные контроллеры и контроллеры, основанные на базе SIMATIC PC. TIA Portal значительно сокращает затраты на конфигурирование и организацию взаимодействия между контроллерами, приводами и системами человеко-машинного интерфейса. Все параметры настройки контроллеров, программные блоки, переменные и сообщения вводятся только один раз, что существенно ускоряет и снижает стоимость разработки комплексного проекта автоматизации.

Для данного стенда был разработан практический комплекс, состоящий из 4 лабораторных работ, выполняемых в программном обеспечении TIA Portal:

- лабораторная работа № 1. Введение в TIA Portal. Реализация алгоритма работы пешеходного светофора с помощью контроллера SIMATIC S7-300;

- лабораторная работа № 2. Синхронизация времени и даты панели оператора Basic Panel с контроллером S7-1200;

- лабораторная работа № 3. Удаленное управление асинхронным электроприводом переменного тока с помощью контроллера SIMATIC S7-1200 и панели KTP600 Basic color PN;

- лабораторная работа № 4. Создание системы управления лабораторными стендами fischertechik с помощью контроллера SIMATIC S7-1200 и панели KTP600 Basic color PN.

Выполнение разработанных лабораторных работ позволит студентам изучить среду и работать с оборудованием подобным тому, которое используется на производстве, а именно:

- с контроллером нового поколения SIMATIC S7-1200, который обладает широкими функциональными возможностями, отличается относительно невысокой стоимостью и может использоваться во всех секторах промышленного производства, а также в системах автоматизации зданий;

- с универсальным контроллером SIMATIC S7-300, который благодаря модульной конструкции, работе с естественным охлаждением, возможностью применения структур локального и распределенного ввода-вывода, широким коммуникационным возможностям, множеству функций, поддерживаемых на уровне операционной системы, удобству эксплуатации и обслуживания позволяет получать рентабельные решения для построения систем автоматического управления в различных секторах промышленного производства;

- с панелями оперативного управления и мониторинга, без которых уже невозможно представить современные производства. Такие панели позволяют наблюдать и контролировать технологический процесс из операторского пункта. Они могут использоваться с программируемыми контроллерами SIMATIC S7, а также с некоторыми контроллерами других производителей.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ

Г. И. Паршина, О. К. Каренов

Карагандинский Государственный технический университет, каф. АПП

Резина представляет собой сложную многокомпонентную систему, в состав которой помимо каучука входит до 10–15, а иногда и более разнообразных веществ (ингредиентов). Свои ценные технические свойства резина приобретает в завершающем цикле ее производства – в процессе вулканизации.

Специфические свойства резины – высокая эластичность, способность к большим обратимым деформациям при статических и динамических нагрузениях, стойкость к действию активных химических веществ, малая водо- и газопроницаемость, хорошие диэлектрические и другие свойства – обусловили ее широкое использование в различных областях техники.

Широко применяются в народном хозяйстве разнообразные резинотехнические изделия: транспортные конвейерные ленты для погрузочно-разгрузочных работ, гибкие резиновые шланги и ремни для передачи вращательного движения от вала двигателя на валы машин и механизмов, уплотнительные детали (сальники, прокладки), муфты, амортизаторы и другие.

К общим процессам резинового производства относятся: приготовление резиновых смесей и полуфабрикатов; формование резиновых смесей; каландрование, прорезинивание тканей, шприцевание; сборка резиновых изделий и их вулканизация. В данной статье будут рассмотрены процессы приготовления резиновых смесей.

Резиновая смесь — многокомпонентная система, в состав которой кроме каучука входят различные ингредиенты, вводимые в резиносмеситель в определенной последовательности. В зависимости от назначения материалы, применяемые для составления резиновой смеси, подразделяют на следующие группы: вулканизирующие вещества, ускорители вулканизации, активаторы, активные и неактивные наполнители, пластификаторы (мягчители), противостарители, красители и ингредиенты специального назначения. Вследствие наличия большого числа разнородных компонен-

тов, входящих в состав резиновой смеси, приготовление ее весьма сложно и является самой ответственной стадией резинового производства.

Резиновые смеси на современных заводах резиновой промышленности приготавливают на поточноавтоматических линиях.

Сначала каучуки и ингредиенты, применяемые в производстве изготовления резиновых смесей, обязательно проходят входной контроль качества в испытательной лаборатории, затем каучуки прошедшие входной контроль поступают с заводского склада на промежуточный склад в поддонах. С каучука снимают бумажную или полипропиленовую упаковку, при загрязненной поверхности верхний слой и торцы обрезаются и каучук подается к резиносмесителю или в распарочную камеру, термошкаф.

Развеска каучука производится вручную транспортным рабочим непосредственно на участке приготовления резиновых смесей на платформенных весах согласно рецептурным карточкам. Для точности навески каучука требуемой массы, резка каучука производится на механическом ноже гильотинного типа. То есть процесс управления – ручной.

Согласно рецептурным карточкам каучуки, светлые ингредиенты, углерод технический и мягчители подаются на резиносмеситель. Приготовление резиновых смесей производится машинистом резиносмесителя строго по режиму приготовления.

Далее резиновая смесь подается на вальцы для установления размеров срезаемой ленточки резиновой смеси, после чего на охлаждающую установку УФТ или в ванну, в соответствии с рецептурной карточкой. Вальцовщик производит отбор проб для анализа резиновых смесей.

Проведенный анализ технологического процесса позволяет сделать вывод, что устранение человеческого фактора в производстве резиновых смесей возможен только при одновременном контроле основных технологических параметров и поддержание их на заданном уровне. Для повышения качества технологического процесса и обеспечения автоматического управления при приготовлении резиновых смесей предложено применить:

- 1) установка бункеров с тензодатчиками под сыпучие ингредиенты;
- 2) установка емкостей с электронными счетчиками под жидкие ингредиенты;
- 3) автоматическая нарезка каучука и иных твердых ингредиентов (гильотина);

4) дальнейшая подача твердых, сыпучих и жидких ингредиентов непосредственно в резиносмеситель (миниконвейер, вывод подающей трубы с жидкостью и Размещение бункера над резиносмесителем);

5) электронные весы серии E-55 фирмы PREMIERTECHCHRONOS, через датчики будут подавать информацию на контроллер, с помощью которого будет осуществляться управление в автоматическом режиме дозаторами сыпучими и жидкими ингредиентами. Контроль и управление процессом будет осуществляться АРМ диспетчера посредством SCADA-системы.

Предложенная модернизация позволяет оптимальную экономию сырья на производстве, повысит качество и количество резиновых изделий при выпуске, автоматизирует весь контроль дозирования ингредиентов в резиносмесителе, обеспечит гибкость настройки при изменении технологии производства.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА ИНЖЕНЕРНЫХ СЛУЖБ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ТЕПЛОСНАБЖАЮЩИХ СИСТЕМ

Г. И. Паршина, А. Д. Чен

Карагандинский Государственный технический университет

Нижним звеном в системе управления теплоснабжающими комплексами мегаполисов (ТКМ) являются оперативно-диспетчерские службы. Подготовка и обучение персонала оперативно-диспетчерских служб является сложным и трудоемким процессом, требующим скрупулезного и грамотного подхода к его реализации и к разработке основополагающих методических программных продуктов.

На рисунке 1 представлена архитектура автоматизированной системы повышения качества подготовки персонала инженерных служб ТКМ. Система состоит из следующих основных компонентов: модель средств интерфейса сервера, среда интернет, модель средств интерфейса клиента.

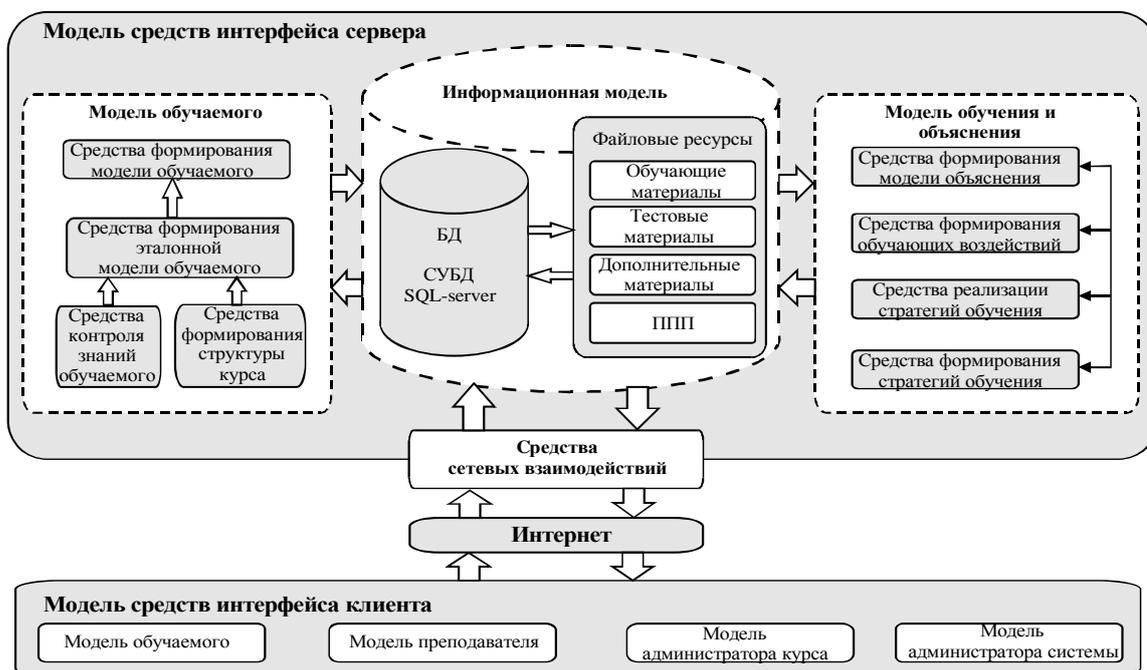


Рисунок 1 — Архитектура дистанционной системы повышения качества подготовки персонала

Построение модели обучения в рамках разработанной системы повышения квалификации специалистов электротехнических комплексов ТКМ происходит на уровне преподавателя/создателя курса. Для создания моде-

ли обучения используются связанные между собой средства: формирования модели объяснения, формирования обучающих воздействий, формирования стратегий обучения, реализации стратегий обучения.

Построение модели обучаемого, происходит в реальном времени в режиме обучаемого. Модель обучаемого на стороне сервера строится на основе эталонной модели и отображается на сторону клиента в виде программной компоненты.

При создании обучающей системы выполняется следующая последовательность действий: построение модели обучаемого и эталонной модели (в отдельных случаях развиваемой до модели учителя); построение адаптивной модели обучения; контроль деятельности обучаемого и генерация управляющих решений для соответствующей корректировки действий обучаемого; построение модели объяснения для оценки логики принятия решений.

При реализации подсистемы объяснения, функционирующей на основе модели объяснения, фактически отслеживается трасса вывода решений, и объяснения предоставляются обучаемому (при необходимости) в режиме консультации.

Применение веб-технологий при создании обучающей системы позволило централизовать процессы сбора и обработки данных для всего контингента обучаемых, решить проблемы безопасности и контроля доступа, поскольку пользователи не имеют доступа к приложению и его компонентам, а работают только с клиент-интерфейсом приложения через веб-браузер. С помощью реализации подхода «клиент-сервер» вся логика приложения сосредоточена на едином сервере, что обеспечивает контроль над загрузкой сервера, устранение рутинных задач сбора данных протоколов тестирования и существенно упрощает работу администратора системы.

РАЗРАБОТКА НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Е. Б. Потёмкина, Л. М. Лапина

Карагандинский Государственный технический университет

Одним из положений новой энергетической стратегии стало всемерное развитие направлений. Во многих странах оно превратилось в предмет государственной технической политики. Казахстан обладает крупными запасами энергетических ресурсов (нефть, газ, уголь, уран) и является энергетической державой. В настоящий момент Казахстан является нетто-экспортёром электроэнергии (Север Казахстана экспортирует электроэнергию в Россию, а юг покупает её у Киргизии и Узбекистана).

Общая протяжённость электрических сетей общего пользования в Республике Казахстан составляет:

- сети с напряжением 1150 кВ — 1,4 тыс. км
- сети с напряжением 500 кВ — более 5,5 тыс. км
- сети с напряжением 220 кВ — более 20,2 тыс. км
- сети с напряжением 110 кВ — около 44,5 тыс. км
- сети с напряжением 35 кВ — более 62 тыс. км
- сети с напряжением 6-10 кВ — около 204 тыс. км.

При передаче и распределении электроэнергии имеются большие потери – 21,5% на 25 тыс. км линий, большинство линий нуждается в обновлении. Проблемы с инфраструктурой распределения вынуждают Казахстан импортировать электроэнергию в Южные регионы страны, т. к. электростанции на Севере соединены с другими энергетическими системами.

Электрическая энергия, передаваемая по электрическим сетям, является единственным видом продукции, который для своего перемещения расходует часть самого себя, не требуя для этого других ресурсов.

В процессе транспортировки электроэнергии возникают значительные потери, обусловленные наличием реактивной энергии. Именно запасы реактивной энергии могут быть использованы для создания маломощных источников энергии.

Одной из важных и не решенных проблем при создании таких источников является повышение эффективности съёма и накопления энергии электромагнитного поля.

С целью исследования процессов съёма энергии электромагнитного поля разработан экспериментальный стенд. Он содержит излучающую часть, формирующую магнитное поле, эквивалентное магнитному полю линии электропередач (ЛЭП) и приемную часть (рисунок 1). Для обеспечения напряженности электромагнитного поля 200 А витков, соизмеримого с полем ЛЭП была взята катушка с количеством витков равным 7650 и через нее пропущен ток, равный 0,026 А. Экспериментальный стенд содержит излучающую и приемную части.

Излучающая часть состоит из катушки без магнитного сердечника, моделирующей ЛЭП, которая включает активную составляющую $R_{ак}$, индуктивную составляющую L , а также регулируемый источник переменного напряжения (1), измерительный блок (2), позволяющий регистрировать потребляемую энергию излучателем, излучатель (3). Приёмная часть стенда состоит из преобразователя (4) магнитного поля в напряжение, нагрузку (5) (цепь диодный мост – конденсатор (1 мкФ, 250 В) – нагрузочный резистор (10 кОм, 0,25 Вт)) и измерительного блока (6).

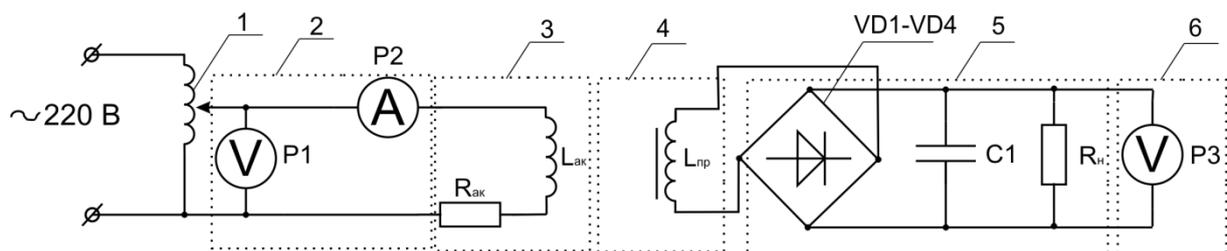


Рисунок 1 - Принципиальная схема экспериментальной установки

С целью оценки нагрузочных характеристик различных схемотехнических решений приемной части экспериментальные исследования проводились для различных значений нагрузочного сопротивления.

В процессе экспериментальных исследований получены зависимости для активного и пассивного приемных устройств с нагрузкой и без нее.

При малых значениях нагрузки магнитная связь активного приемного устройства с излучающей катушки значительно выше в сравнении с пассивным приемным устройством.

Рассогласование численных значений напряжения с увеличением нагрузки в обоих вариантах при соответствующих расстояниях между принимающей и излучающей катушками уменьшается.

КОМПОНОВКА ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ ИНВАЛИДОВ

С. Л. Сафонов, О. А. Пустовая

Дальневосточный Государственный Аграрный Университет

Устройство разрабатывается для создания благоприятной среды в городских условиях для проживания инвалидов по зрению и слуху.

На основании проведенного патентного поиска и анализа исходной информации в качестве несущего диапазона выбран диапазон часто от 750 до 950 нм. Для которого сконструировано приемопередающее устройство. Структурно система состоит из следующих блоков:

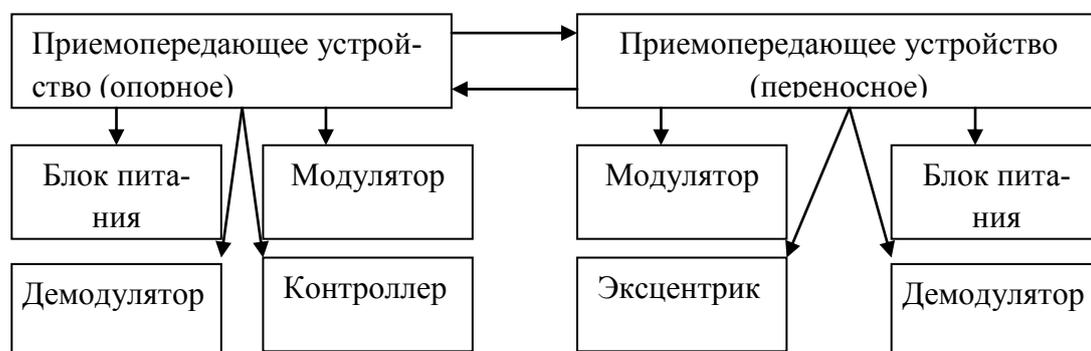


Рисунок 1 – Структура приемопередающей аппаратуры

Устройство состоит из двух блоков опорного и переносного (рис.1). Опорное устройство размещается в месте необходимом для индикации (в нашем случае опора светофора), состоит из модулятора и демодулятора предназначенного для обработки поступающего и принимаемого сигнала. Основу работы блока представляет контроллер, в котором программно прописывается вид модуляции сигнала, способ его передачи, амплитуда и частота сигнала.

Вторая часть состоит из переносного модуля, который так же состоит из модулятора, демодулятора и контроллера, а так же в блок включен исполнительный механизм в виде эксцентрика для создания тактильного сигнала.

В микроконтроллере размещается программа, в которой задается тип модуляции и смена при подаче сигнала от опорного элемента.

Передатчик работает в инфракрасном диапазоне и находится в режиме ожидания, то есть посылает пучки импульсов через определенный про-

межутков времени. Пешеход в своем распоряжении имеет приемник, который принимает сигнал и посылает ответный, переводя, передатчик в режим работы. Пешеход получает непрерывный сигнал передатчика в виде вибрации, частота и интенсивность которой зависит его местоположения. Чем ближе пешеход находится к передатчику, тем интенсивнее сигнал. Так же необходимо предусмотреть изменение параметров сигнала в зависимости от цвета светофора. В основу работы положена следующая принципиальная схема (рис.2).

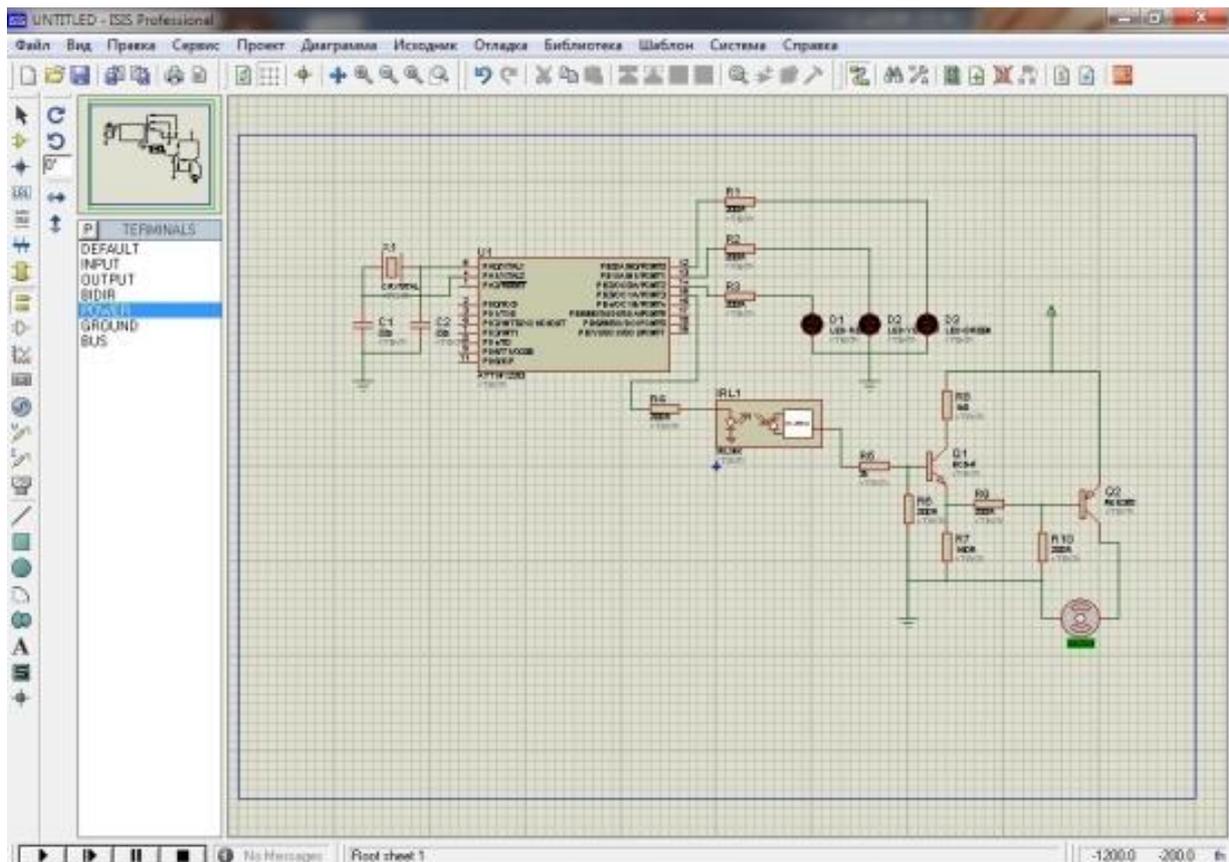


Рисунок 2 – Принципиальная схема управления приемопередающим устройством

Схема управления выполняется на основе микроконтроллера ATtiny2313 (рис.2). Приемник конструктивно выполнен из следующих блоков: эксцентрик, источник питания, блок управления. В качестве блока управления используется тот же микроконтроллер. Конструктивно это оформляется так же на одной плате. Приемник помещается в носимый на руке браслет который может быть оформлен в зависимости от пожеланий потребителя.

После изготовления проведены полевые испытания. Дальность работы приемника составила порядка 10 м. Отсутствует влияние внешних помех радиочастотного диапазона. Сигнал читается четко вне зависимости от шума на перекрестке.

Таким образом, предложенная модель позволяет исключить наличие звукового сигнала, как фактора причиняющего беспокойство в районах с жилой застройкой, а так же повысить информативность передаваемого сигнала за счет введения дополнительных контролируемых параметров.

Применение подобной системы не потребует больших капиталовложений так как ее стоимость без стоимости монтажа составит порядка 3 тыс. рублей для передатчика и 1,5 тыс.руб. для приемника. Расходной частью являются приемники, которыми необходимо обеспечить проживающих на данной территории инвалидов по зрению и слуху. Кроме этого такая система имеет ряд дополнительных возможностей, что позволяет расширить их спектр применения.

СИСТЕМА АВТОНОМНОЙ ПАРКОВКИ АВТОМОБИЛЯ

Е. В. Серых

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

Автономная парковка - это система маневров, позволяющих осуществлять параллельную, перпендикулярную или угловую парковку для четырехколесного транспортного средства с рулевым управлением Аккермана [1].

Математическое описание четырех колесного транспортного средства

Наиболее распространённым вариантом математического описания четырех колесного транспортного средства является «велосипедная модель» [10].

Система уравнений, описывающая зависимость координат и ориентации автомобиля от его скорости и угла поворота рулевых колес имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= v \cdot \cos\theta \\ \dot{y} &= v \cdot \sin\theta \\ \dot{\theta} &= \frac{v}{L} \operatorname{tg}\gamma\end{aligned}\tag{1}$$

где v - скорость транспортного средства; $\dot{\theta}$ – угловая скорость; L - расстояние между центрами задней и передней осей.

Тогда выражение для проекции скорости робота относительно системы координат $\{O\}$ на ось y системы координат $\{V\}$:

$$\dot{y}\cos\theta - \dot{x} \cdot \sin\theta = 0,\tag{2}$$

что описывает неголономное ограничение, присущее данному виду транспортного средства.

Формирование траектории движения

Рассмотрим подход к формированию траектории движения, которая позволяет задействовать минимальную длину необходимой области стоянки и выполнить движение вдоль двух дуг без прямолинейного участка между ними. Для получения соответствующего результата используется максимально возможный угол поворота рулевых колес (рис.1.).

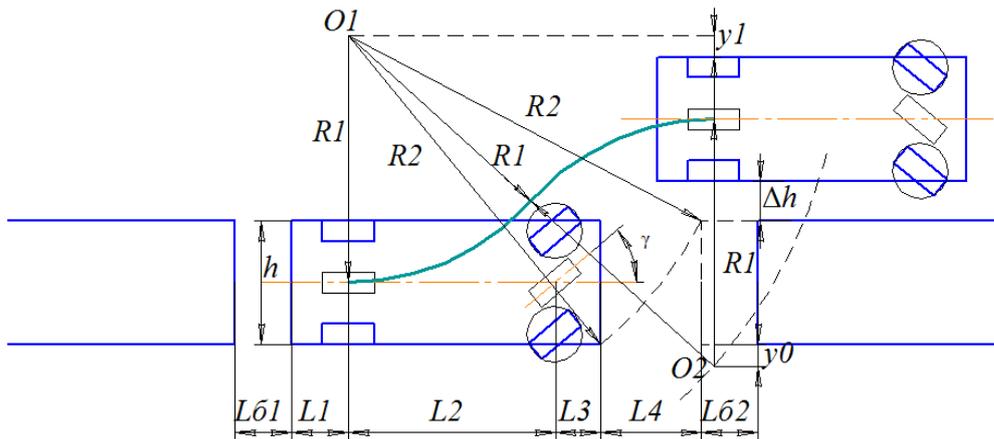


Рис.1. Траектория движения

L1 – расстояние от края транспортного средства до задней оси; L2 – расстояние между передней и задней осями; L3 – расстояние от края транспортного средства до передней оси; Lб1, Lб2 – длины «зон безопасности», L4 – минимальное расстояние до впередистоящего препятствия, которое позволяет выполнить маневр; h – ширина транспортного средства; Δh – расстояние от транспортного средства до препятствия при выполнении движения параллельно препятствиям; O1, O2 – центры вращения; R1 – радиус вращения; R2 – радиус окружности, обеспечивающий выполнение условия проходимости; γ - угол поворота колес.

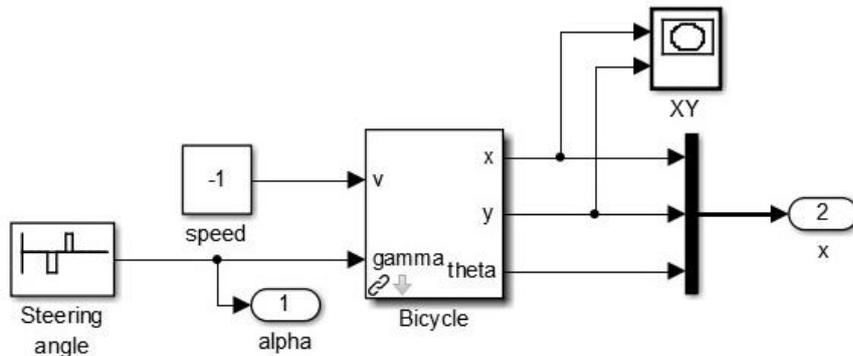


Рис.2. Реализация «велосипедной модели» в Matlab Simulink

Рассчитав координаты центра O_2 можно построить необходимую траекторию для корректного выполнения маневра. Тогда координаты центра $O_2 (x, y)$ можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 x &= \sqrt{(2R_1)^2 - y^2} = \sqrt{4R_1\Delta h + \Delta h^2}, \\
 y &= 2R_1 \cdot \sin\varphi = 2h + \Delta h + y_0 + y_1 = 2R_1 - \Delta h,
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Моделирование траектории

На рис. 2 показана реализация «велосипедной модели» в графической среде моделирования Matlab Simulink. Данная модель отражает в себе систему уравнений (1), кроме того учитывает ограничения для скорости и угла поворота.

Литература

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_parking
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Неголономная_система
3. B. Song (2013) *Cooperative later vehicle control for autonomous valet parking*: International Journal of Automotive Technology, Vol. 14, No. 4, pp. 633–640
4. Dario Maravall, Miguel Angel Patricio, Javier de Lope *Automatic Car Parking: A Reinforcement Learning Approach*: Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2003
5. Tzue-Hseng S. Li, Chi-Cheng Chang, Ying-Jie Ye, and Gui-Rong Tasi (2005) *Autonomous Parking Control Design for Car-Like Mobile Robot by Using Ultrasonic and Infrared Sensors* : RoboCup 2005: Robot Soccer World Cup IX
6. 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 2010F.
7. F. Cuesta and A. Ollero: *Intelligent Mobile Robot Navigation*, STAR 16, pp. 159–188, 2005. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005
8. Emese Szadeczky-Kardoss, Balint Kiss *Path Planning and Tracking Control for an Automatic Parking Assist System*: Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008.
9. JeongDan Choi, Kyoung Wook Min, Yang Sun Lee (2014) *An intelligent parking platform of neighborhood EV for autonomous mobility service*: Springer Science+Business Media New York
10. Peter Corke (2011) *Robotics, Vision and Control Fundamental Algorithms in MATLAB*: Springer Tracts in Advanced Robotics ISSN 1610-7438

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕЗКОЛЛЕКТОРНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Р. В. Соколов

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

В рамках выпускной квалификационной работы целью данной работы является создание стенда, который предназначен для реализации алгоритмов управления безколлекторным двигателем постоянного тока. Управление осуществляется с помощью отладочной платы MCLV на базе микроконтроллера dsPIC33FJ32MC204.

На первом этапе рассматривается трапецеидальный алгоритм управления вентильным двигателем постоянного тока. Данный алгоритм является наиболее просто-реализуемым. Задачами данного этапа являются: изучение аппаратных средств, построение системы управления и математической модели двигателя в графической среде Matlab Simulink, разработка программного обеспечения, проведение эксперимента, уточнение характеристик модели, анализ полученных результатов.

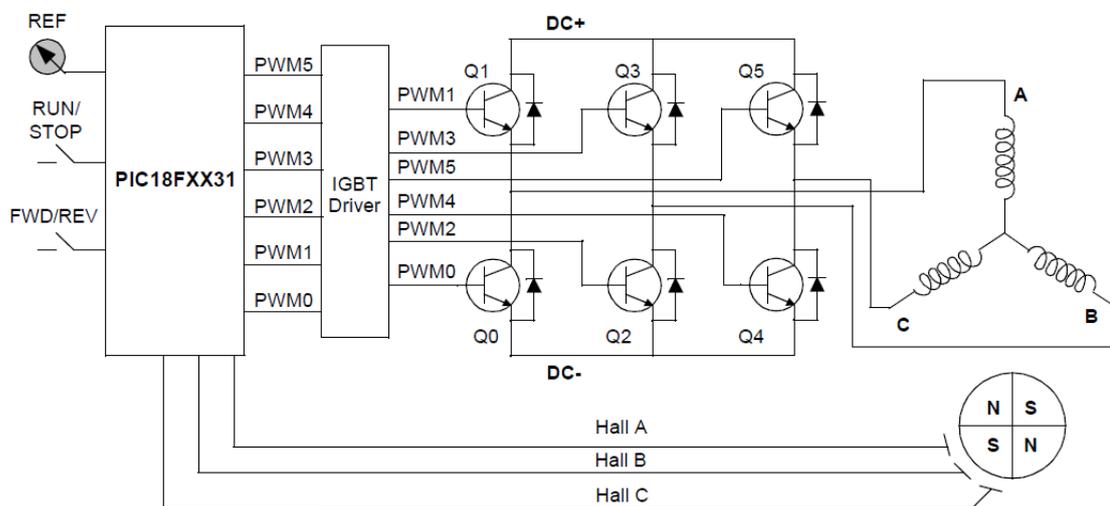


Рис.1. Блок-схема управления приводом.

Трапецеидальное управление

При трапецеидальном управлении подключение обмоток напряжения питания осуществляется по такому же принципу, как и в механическом

коллекторе двигателя постоянного тока, однако в роли механического коллектора выступает трехфазный мостовой инвертор. В качестве датчиков положения используются датчики Холла. Двигатель коммутируется согласно (таблице 2). Значения (таблицы 2) соответствуют направлению вращения по часовой стрелке.

Таблица 1

№ сектора	Значения датчиков Холла			Активные выходы О		Ток фазы		
	А	В	С			А	В	С
1	0	0	1	Q5	Q2	Off	DC-	DC+
2	0	0	1	Q1	Q2	DC+	DC-	Off
3	1	0	0	Q1	Q4	DC+	Off	DC-
4	1	1	0	Q3	Q4	Off	DC+	DC-
5	1	1	0	Q3	Q0	DC-	DC+	Off
6	0	1	1	Q5	Q0	DC-	Off	DC+

Реализация трапецеидального управления вентиляльным приводом

Реализация трапецеидального управления осуществлялась путем моделирования системы в графической среде Matlab Simulink. Блок привода включает в себе математическую модель безколлекторного двигателя постоянного тока в d-q координатах. Так же был реализован электронный коллектор (силовой инвертор) (Рис.2.). Затем было разработано программное обеспечение и был проведен эксперимент с реальным двигателем. Благодаря результатам эксперимента удалось уточнить некоторые параметры модели.

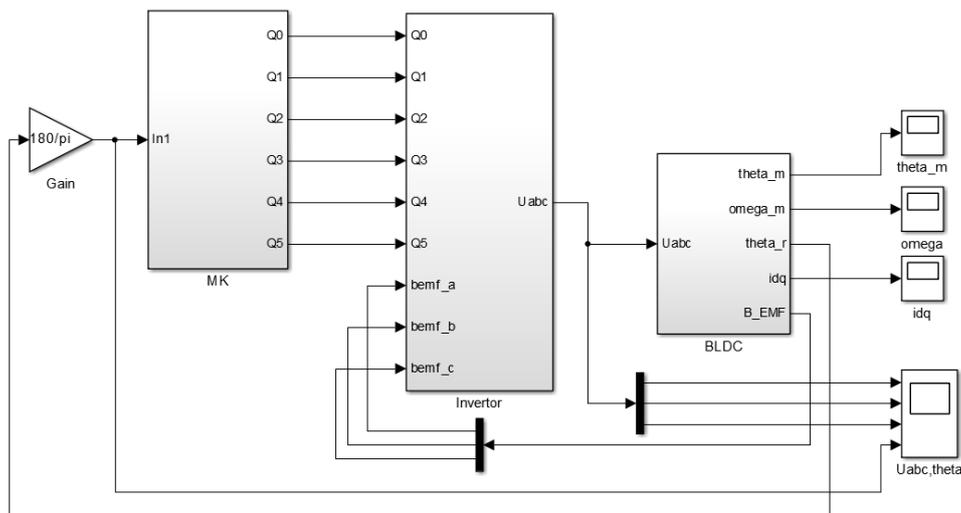


Рис.2. Модель системы управления.

Анализ результатов показал, что при определенных допущениях модель соответствует реальному двигателю, это видно на графиках (рисунка 3). Следовательно модель можно использовать для дальнейших исследований и реализации других алгоритмов управления.

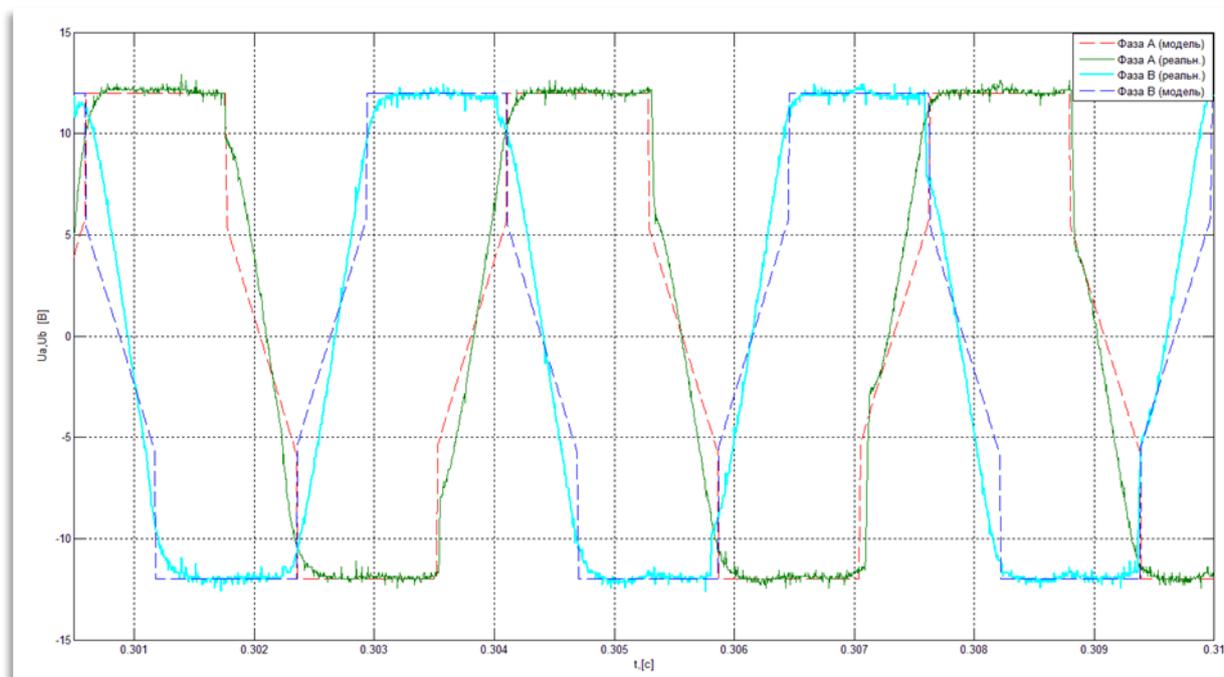


Рис.3. Напряжения фаз A и B модели и реального двигателя.

Литература

1. dsPICDEM MCLV Development Board User's Guide - 2008 Microchip Technology Inc. (<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70331A.pdf>)
2. Motor Control PWM – 2007-2012 Microchip Technology Inc. (<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70187E.pdf>)
3. Соколовский Г.Г. «Электроприводы переменного тока с частотным регулированием» - Москва, издательство АСАДЕМА, 2006.
4. Калачев Ю.Н., «Векторное регулирование – заметки практика», 2012
5. Гамазин С.И., Ставцев В.А., Цырук С.А. «Переходные процессы в системах промышленного электроснабжения, обусловленные электродвигательной нагрузкой» – Издательство МЭИ, 1993.

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЦЕПИ С ИНДУКТИВНОСТЬЮ И НЕЛИНЕЙНЫМ РЕЗИСТИВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ

И. С. Тимонин, М. М. Федоров

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

Особенности переходных процессов в цепи с индуктивностью и нелинейным резистивным элементом рассмотрим на примере подключения, этой цепи, к источнику постоянного напряжения (рис.1)

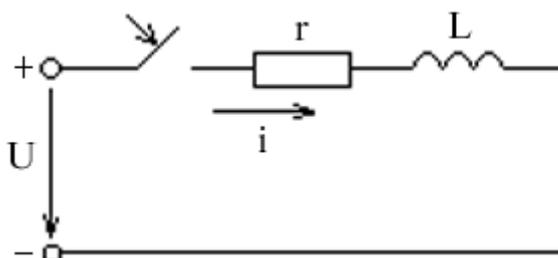


Рисунок 1-подключение цепи RL с нелинейным резистором к источнику постоянного напряжения

Нелинейные сопротивления (н.с) заданы вольтамперной характеристикой (ВАХ) (рис. 2)

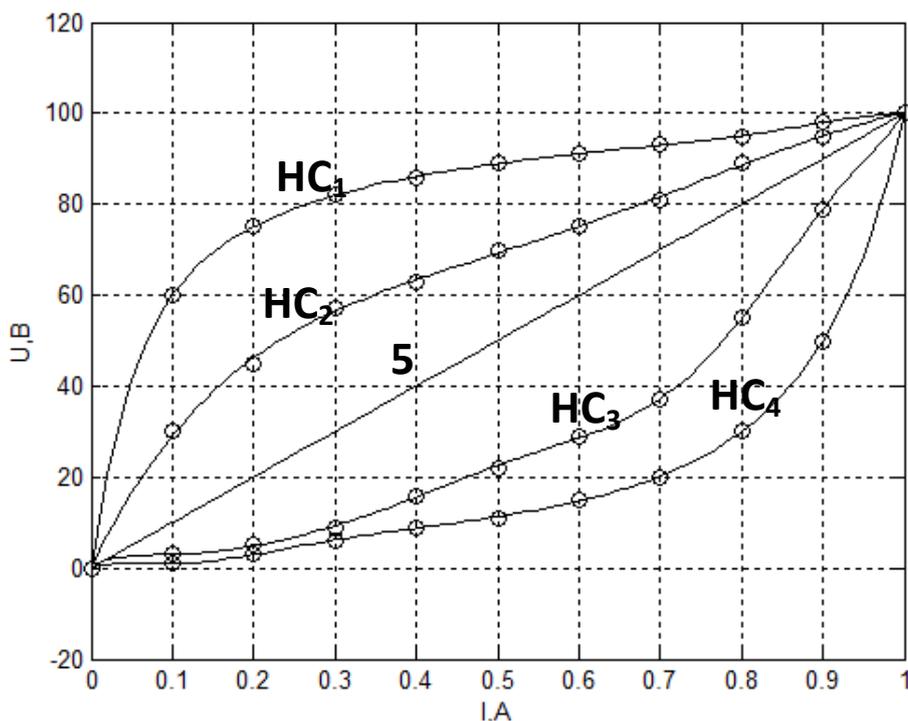


Рисунок 2- вольтамперная характеристика нелинейных элементов

ВАХ нелинейных сопротивлений 1-го и 2-го, на начальных этапах имеют повышенное сопротивление и в принужденном режиме составляют 100 Ом, а ВАХ нелинейных сопротивлений 3-го и 4-го имеют пониженное сопротивление, которое в принужденном режиме также 100 Ом.

На первом этапе использую аппроксимацию полиномами заданных кривых, - получены аналитические выражения вида (1), описывающие каждую кривую. Они представлены в виде таблицы коэффициентов.

$$U(I) = b_1 x^9 + b_2 x^8 + b_3 x^7 + b_4 x^6 + b_5 x^5 + b_6 x^4 + b_7 x^3 + b_8 x^2 + b_9 x + b_{10} \quad (1)$$

Таблица 1-значение коэффициентов аппроксимирующих функций

U(I) ₁	24801	-129359	288768	-361533	279587	-138716	44498	-9126	1181	0
U(I) ₂	0	0	0	0	160	750	1228	906	367	0
U(I) ₃	60626	-257153	450901	-425870	23787	-81499	17083	-1977	118	0
U(I) ₄	23423	-106189	205927	-221218	142601	-55561	12410	-1357	65	0

Переходные процессы в цепи RL описаны уравнением (2), на основании законов Кирхгофа.

$$U = u_r + L \frac{di}{dt} \quad (2)$$

Расчёт переходных процессов осуществляется численным методом, согласно которому ток в момент времени t_k определяется формулой (3):

$$i_{k+1} = i_k + \Delta i_k \quad (3)$$

где: i_k – ток в момент времени t_k , i_k – ток в момент времени $t_k + \Delta t$, Δi_k – приращение тока на промежутке времени Δt .

Величину Δt_k выбираем из условия $\Delta t = \frac{t_{mn}}{N}$, где: t_{mn} – время переходного процесса в цепи R-L с линейным резистивным элементом, величина которого $r=100$ Ом, N – Количество точек, равное (100-1000).

Время переходного процесса t_{mn} определяется по формуле (4):

$$t_{mn} = 4\tau = 4 \frac{L}{r} \quad (4)$$

Для определения приращения тока Δi_k воспользуемся дифференциальным уравнением цепи (5):

$$\Delta i_k = \frac{U - u_r}{L} * \Delta t \quad (5)$$

Используя полученный алгоритм, были рассчитаны переходные процессы для четырёх случаев с нелинейным резистивным элементом и для одного случая с линейным резистором, которые приведены на рисунке 3.

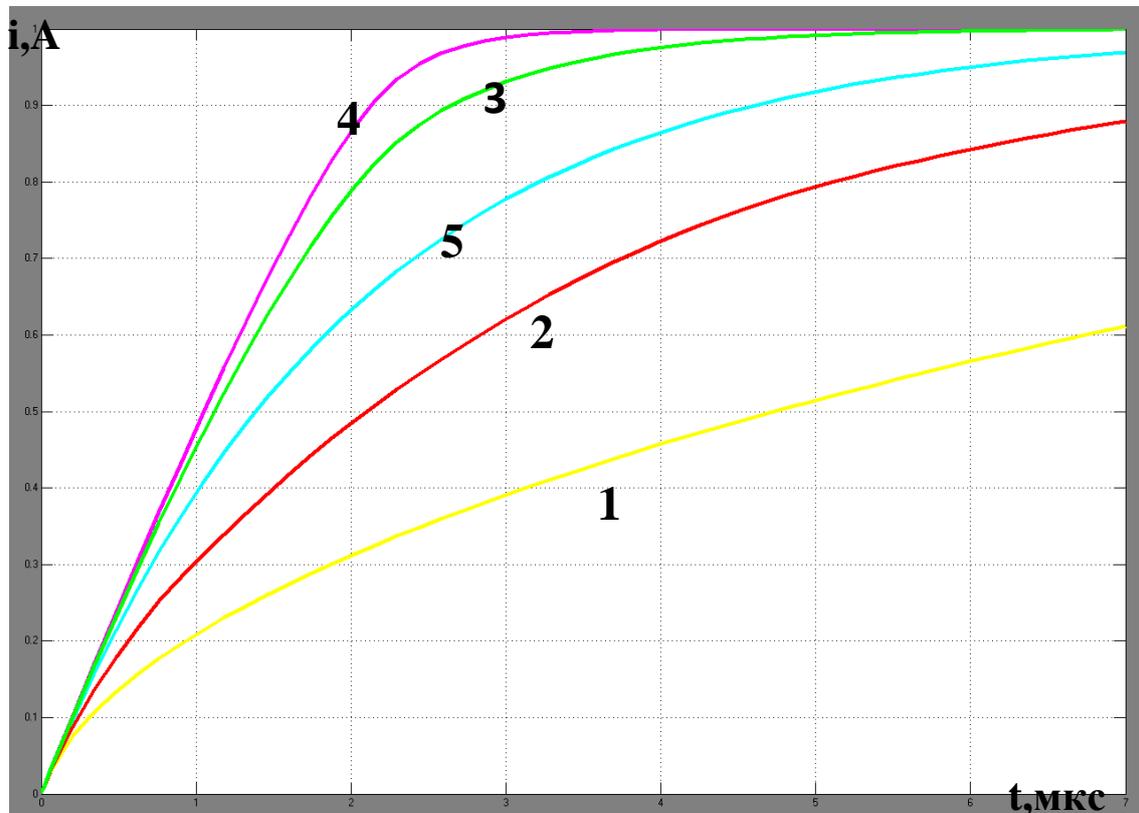


Рисунок 3-графики переходных процессов

Из этих кривых следует: между кривыми ВАХ и кривыми переходных процессов наблюдается зависимость, которая выражена степенью выпуклости кривых, изображенных на рисунке 2. Кривая 5 показывает переходный процесс с линейным резистивным элементом, для кривой 1 и 2 (резистивный элемент нелинейный) длительность переходного процесса больше, а для кривой 4 и 3 – меньше.

Литература

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. учебн. пособие [для студентов, вузов] / Москва: Высшая школа, 1996. – 623с.
2. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи Учебник для ВУЗов. М.: Энергия, 1978 – 592 стр.
3. Зевеке Г.В., Ионкин П Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. М.: Энергия, 1975. - 752 с.: ил.А., Нетушил А.В., Страхов С.В. Основы теории цепей

4 . Божко В.В. Степенные полиномы, конспект лекций.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ТРИПОД

Б.Н. Фешин, К.М. Тохметова

Карагандинский государственный технический университет, г.Караганда

Роботизированный комплекс (РК) ТРИПОД создан фирмой FESTO и предназначен для управления в ручном режиме процессом предтоварного оформления (конвертации и наклейки этикеток) продукта "Жевательная резинка"(далее названного "объект"). Комплекс, установленный в лаборатории НИУ МЭИ-FESTO, оснащен программно-аппаратными средствами, обеспечивающими работу каждого технологического элемента (роботов, манипуляторов, устройств сортировки, конвейерных установок и т.п.) в режиме ручного управления. Фирма FESTO предложила сотрудникам и участникам международной программы дистанционного обучения "СИНЕРГИЯ" осуществить создание системы автоматического управления (САУ) технологическими элементами комплекса [1]. В настоящей работе рассматривается процесс создания САУ конвейерами и кинематическим механизмом РК ТРИПОД.

В состав РК входят:

1. Кинематический механизм (манипулятор), состоящий из металлического каркаса, линейных механических преобразователей EGC-80-578-TV-KF-GK, трансформирующих вращательное движение вала сервомотора в поступательное движение каретки, углепластиковых тяг, служащих для закрепления выходной площадки с каретками линейных осей, и выходной площадки – подвижной платформы с инструментом.

2. Три сервомотора EMMS-AS-100-S-RMB с синхронными двигателями с номинальной мощностью 1кВт, работающих в совокупности с цифровым сервоконтроллером и служащих для перемещения кареток.

3. Поворотный электродвигатель FNA-8C-30-D200, смонтированный на подвижной платформе и служащий для вращения инструмента.

4. Три конвейера: основной конвейер (ОК), вспомогательный конвейер (ВК), малый конвейеры (МК), которые служат для размещения объектов по контейнерам.

5. Шкаф управления СМСА, в котором находятся контроллеры, системы питания и безопасности.

6. Модульный контроллер СМХР-С2.

7. Три сервоконтроллера СММР-АС-С5-3А, работающих в паре с сервомоторами.

8. Контроллер СММР-АС-С2-3А, управляющий поворотным двигателем на платформе.

На рисунке 1 представлена технологическая схема РК ТРИПОД. Основой для разработки САУ служит алгоритм работы РК, содержательная форма которого предлагается ниже.

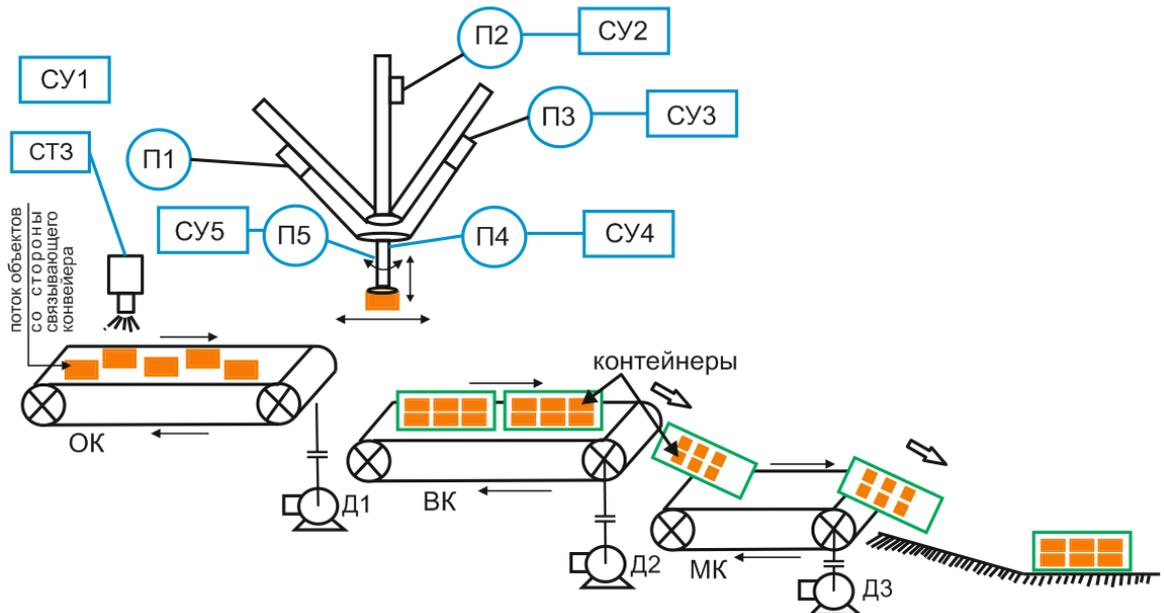


Рисунок 1 – Технологическая схема РК ТРИПОД

Готовые продукты-объекты «Жевательная резинка», после процесса наклейки этикеток, попадают на основной конвейер со стороны связывающего конвейера, который находится между участком наклейки этикеток и основным конвейером РК. Наличие объектов на основном конвейере определяется с помощью системы видения Festo (СТЗ). При наличии объектов на основном конвейере диспетчеру подается разрешающий сигнал на запуск основного конвейера. При запуске (при первом нажатии кнопки «Start») РК звучит звуковой сигнал, следующее повторное нажатие кнопки «Start» обеспечивает запуск комплекса. Далее происходит проверка работоспособности и исходных состоянии оборудования РК (конвейеров, кинематического механизма, системы видения, энкодера, приводов и т.д.). При положительном тесте на работоспособность подается команда на установку начальных координат приводов и механизмов. Запускается основной конвейер с заданной

скоростью (задается в коде программы на языке FTL). Манипулятор (кинематический механизм) должен до подхода «объектов» разместить контейнеры на ВК.

Манипулятор поочередно захватывает объекты и перемещает их в пустые контейнеры (количество пустых контейнеров задается в коде программы на языке FTL). Происходит подсчет количества объектов, размещенных в контейнере и сравнение с заданным количеством, которое заранее определено в программном коде. При заполнении контейнера запускается вспомогательный конвейер и заполненные контейнеры поочередно передвигаются по вспомогательному конвейеру и далее попадают на малый конвейер. МК доставляет контейнеры к наклонной плоскости, на которой осуществляется складирования готовой продукции в «ручном» режиме. Цикл завершается манипулятором, который заново устанавливает пустые контейнеры на вспомогательный конвейер и с помощью захвата перемещает объекты с ОК в контейнеры, состоящие на ВК.

Предполагается осуществить разработку системы автоматического управления на базе контроллера Festo и автоматизированное управление технологического роботизированного комплекса ТРИПОД средствами SCADA-приложении.

Решения этих задач включает следующие этапы:

- разработка функциональной схемы автоматизации конвейеров и РК ТРИПОД;
- составления и кодировка множества входных, выходных и промежуточных сигналов для управления группой ленточных конвейеров (ГЛК);
- разработка алгоритмов управления конвейером и манипулятором, а также передачи команд на верхний уровень САУ РК ТРИПОД;
- разработка специализированного программного обеспечения (СПО) для контроллера управления ГЛК;
- отладка СПО, опытная эксплуатация ГЛК под управлением СПО, составления электрических и монтажных схем САУ ГЛК;
- составления комплекта документов по САУ ГЛК;

- подготовка технического задания на разработку системы операционно-дистанционного управления РК ТРИПОД на базе SCADA-приложении.

Литература

1. Б.Н. Фешин, К.М. Тохметова, Ю.Ф.Булатбаева. Разработка системы автоматического управления роботизированного комплекса ТРИПОД.//Автоматизация, мехатроника,информационные технологии. IV Международная науч.-техн. интернет-конф. молодых ученых. Омск, изд-во ОмГТУ, 2014.-55с.

ОБЛАСТИ ВОЗМОЖНЫХ РЕАЛИЗАЦИЙ НАСЫЩЕННОГО УСИЛИТЕЛЯ КЛАССА F

А. П. Ефимович

Донецкий национальный университет

В настоящее время в качестве высокоэффективных усилительных радиотехнических устройств все чаще используют усилитель мощности (УМ) класса F. На практике наибольшее распространение получил УМ класса F с добавлением третьей гармоники напряжения, поскольку такой усилитель не требует сложной нагрузочной цепи. В УМ класса F напряжение сток-исток (V_{DS}) должно содержать первую и третью гармоники напряжения, которые противофазны друг другу [1]. Для этого амплитуда третьей гармоники тока стока (I_{3m}) должна быть отрицательна, когда амплитуда первой гармоники тока стока (I_{0m}) положительна (I_{3m} противофазна I_{0m}) [1]. Это является условием реализации высокоэффективной работы УМ класса F. В [2] было установлено, что за счет насыщения транзистора, можно получить отрицательное значение I_{3m} при нижних углах отсечки (θ_{C1}), соответствующих УМ класса C ($\theta_{C1} < 90^\circ$), УМ класса B и AB ($\theta_{C1} \geq 90^\circ$). Такой усилитель называют насыщенным УМ класса F [2,3]. Вместе с тем для насыщенного УМ класса F в [2] не были определены области отрицательных значений I_{3m} в зависимости от амплитуды напряжения на затворе транзистора (V_{GSm}) при соответствующих значениях θ_{C1} .

В данной работе были получены аналитические соотношения, связывающие напряжение V_{GSm} с током стока (I_D) и напряжением V_{DS} для УМ класса F в режиме насыщения. Чтобы учесть момент времени, когда V_{DS} управляет I_D , был введен верхний угол отсечки (θ_{C2}). Это позволило получить разложение в ряд Фурье импульса тока I_D в режиме насыщения. Для учета влияния нелинейности проходной характеристики транзистора использовалась квадратичная аппроксимация импульса тока I_D . На рис. 1 в качестве примера приведены формы I_D и V_{DS} , полученные для насыщенного УМ класса F при $\theta_{C1} = 90^\circ$. Где V_K – напряжение колена (насыщения) транзистора, $\theta = 2\pi f_0 t$, f_0 – частота первой гармоники, t – время. Чтобы также дополнительно установить какую роль играет отношение напряжения колена (насыщения) транзистора к напряжению питания (V_K/V_{DD}), были

рассмотрены три случая: $V_K/V_{DD} = 0,05, 0,1, 0,15$. На рис. 2 напряжение V'_{GSm} соответствует насыщенному УМ класса F, а напряжение V_{GSm} соответствует критическому режиму ненасыщенного класса F.

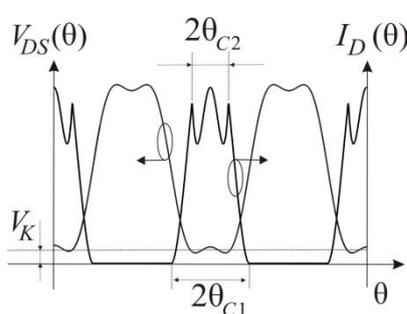


Рис. 1. Формы I_D и V_{DS} насыщенного УМ класса F

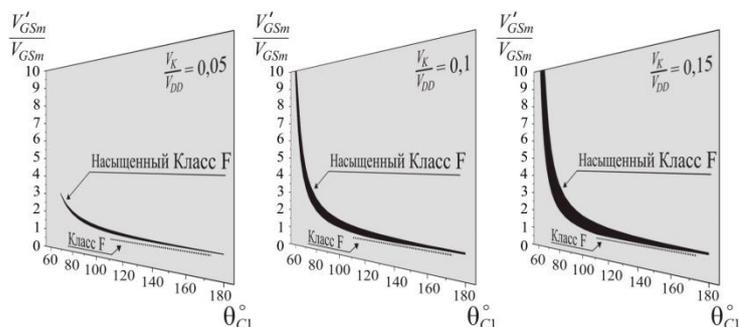


Рис. 2. Области отрицательных значений I_{3m}

Пунктирной линией на рис.2 обозначены отрицательные значения I_{3m} ненасыщенного класса F. Для данного УМ отношение V'_{GSm}/V_{GSm} всегда равно 1. В этом случае независимо от V_K/V_{DD} угол θ_{C1} всегда лежит в диапазоне $110,08^\circ \leq \theta_{C1} \leq 173,7^\circ$. Черным цветом на рис.2 выделены области, полученные для отрицательных значений I_{3m} насыщенного УМ класса F. Когда $V_K/V_{DD} = 0,05, 0,1, 0,15$ угол θ_{C1} лежит в интервалах: $68^\circ \leq \theta_{C1} \leq 180^\circ$, $60^\circ \leq \theta_{C1} \leq 180^\circ$, $62^\circ \leq \theta_{C1} \leq 180^\circ$. Из рис. 2 следует, что с ростом V_K/V_{DD} происходит расширение областей отрицательных значений I_{3m} , а снижение θ_{C1} компенсируется ценой увеличения V'_{GSm} . Расширение областей имеет интерес в тех случаях, когда импеданс на третьей гармонике задан нагрузочной цепью усилителя и требуется получить необходимое значение амплитуды третьей гармоники напряжения сток-исток за счет выбора I_{3m} . Также из рис. 2 следует вывод, что насыщенный УМ класса F реализуем в большем диапазоне θ_{C1} , чем ненасыщенный УМ класса F.

Литература

1. Raab F. H. Maximum Efficiency and Output of Class-F Power Amplifiers // IEEE Trans. Microw. Theory and Tech. – 2001. – V. 49. – N.6. – P. 1162 – 1166.
2. Moon J., Jee S. Kim J., Kim B., Behaviors of Class-F and Class-F⁻¹ Amplifiers // IEEE Trans. Microw. Theory and Tech. – 2012. – V. 60. – N. 6. – P. 1937 – 1951.
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.

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ БОДРСТВОВАНИЯ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

О. С. Осипова

*Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева*

Одной из причин аварий на дорогах является засыпание водителей. Существует большое количество систем контроля бодрствования, наиболее точными из которых являются системы с мониторингом физиологических показателей. Общий алгоритм работы систем контроля бодрствования заключается в получении данных об определенном показателе, их обработке и активации системы тревоги в случае, когда уровень бодрствования падает ниже критического.

Среди физиологических показателей наиболее удобным для снятия в условиях вождения является ЭКГ.

Актуальной является задача мониторинга состояния водителя по ЧСС, т.к. метод регистрации ЧСС – наиболее простой и быстрый (по максимумам сигнала ЭКГ). Установлено, что при засыпании наблюдаются признаки брадикардии ($ЧСС < 60$ уд/мин). Однако порог засыпания по ЧСС может варьировать для разных людей, поэтому необходимо осуществлять контроль дополнительных параметров, в качестве которых предлагается использовать спектральные и статистические показатели variability сердечного ритма, получаемые при анализе кардиоинтервалограмм (совокупностей последовательных RR-интервалов) длительностью 5 мин:

LF/HF (отношение мощности диапазона LF (0,04 – 0,15 Гц) к мощности HF (0,15 - 0,40 Гц) спектра кардиоинтервалограммы) - отражает баланс влияния на сердце парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы. Норма в спокойном состоянии: $LF/HF = 1,5...2$. Падение LF/HF ниже нормы указывает на сонливость, засыпание. $LF/HF > 2$ - человек сильно мобилизован.

Стресс-индекс (индекс напряжения Баевского, ИН) вычисляется по гистограмме распределения кардиоинтервалов заданной выборки. В норме ИН 50-150у.е., < 50 – состояние расслабления, > 150 – состояние стресса.

Было проведено исследование изменения трех рассмотренных показателей ЭКГ во времени. Источник данных - запись холтеровского монито-

рирования с нормальным синусовым ритмом с сайта www.physionet.org, значения показателей вычислялись с помощью программ Cugwin с установленным пакетом wfdb, Kubios HRV и Matlab. Результаты показали, что во время активного бодрствования ЧСС находится в пределах нормы от 60 до 90, во время начальной стадии сна ниже 60 (около 58 для выбранной ЭКГ), при бодрствовании LF/HF принимает значения от 1,5 и выше, в основном 2-5, в состоянии пониженной активности опускается ниже 1,5, ИН также соответствует известным критериям.

На кафедре РТС КНИТУ-КАИ им. А.Н.Туполева разработаны портативное устройство оперативного съема 1 отведения ЭКГ и система передачи полученных данных на удаленный сервер по GPRS-каналу. Таким образом, перспективна разработка системы контроля бодрствования водителей ТС на основе анализа рассмотренных показателей ЭКГ, вычисление которых возможно реализовать на удаленном сервере.

Литература

1. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных кардиографических систем (часть 1) / Баевский Р. М. [и др.] // *Вестник аритмологии*.- 2002.- №24.- С. 65
2. Щербакова Т.Ф., Седов С.С., Хомяков А.В. Анализатор аритмий в системе связи пациента с лечебным центром. Физика и технические приложения волновых процессов: Тезисы докладов. VI Международная научно-техническая конференция. Казань, 2007. с.355

БЕСПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ БОДРСТВОВАНИЯ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

О. С. Осипова

*Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева*

Установлено, что 30% аварий со смертельным исходом случается по причине засыпания водителя за рулем. Существует большое количество систем контроля бодрствования, наиболее точными из которых являются системы с мониторингом физиологических показателей. Удобным для снятия в условиях вождения является ЭКГ.

Общий алгоритм работы систем контроля бодрствования заключается в получении данных об определенном показателе, их обработке и активации системы тревоги в случае, когда уровень бодрствования падает ниже критического. Актуальной является задача мониторинга состояния водителя по ЧСС, т.к. метод регистрации ЧСС – наиболее простой и быстрый (по максимумам сигнала ЭКГ). Однако порог засыпания по ЧСС может варьировать для разных людей, поэтому необходимо осуществлять контроль дополнительных параметров, в качестве которых предлагается использовать спектральные и статистические показатели variability сердечного ритма, получаемые при анализе кардиоинтервалограмм (совокупностей последовательных RR-интервалов) длительностью 5 мин: LF/HF и стресс-индекс (индекс напряжения Баевского) [1].

На кафедре РТС КНИТУ-КАИ им. А.Н.Туполева разработаны портативное устройство оперативного съема 1 отведения ЭКГ и система передачи полученных данных на удаленный сервер по GPRS-каналу[2]. Таким образом, перспективна разработка системы контроля бодрствования водителей ТС на основе анализа рассмотренных показателей ЭКГ, вычисление которых возможно реализовать на удаленном сервере.

Достоинства такого способа построения системы – обработка и хранение большого объема информации на мощном сервере, возможность удаленного наблюдения за состоянием водителя. Но существуют террито-

рии, не охваченные зоной покрытия сети связи GSM, где передача данных по GPRS-каналу невозможна.

Итак, актуальна проблема обработки электрокардиосигнала внутри автомобиля. Съём ЭКС можно осуществлять с помощью портативного устройства, включающего в себя 2 одноразовых электрода для снятия 1 отведения, сигма-дельта АЦП с частотой дискретизации 500 Гц, разрядностью 16 бит для оцифровки сигнала и микроконтроллер с USB-портом для управления работой устройства. Окончательную обработку данных предлагается реализовать на микрокомпьютере Raspberry Pi (B или B+), передачу данных с устройства съема на микрокомпьютер – по каналу Bluetooth, для чего необходимо подключить к USB-портам обоих устройств адаптеры Micro Bluetooth USB (например, TBW-107UB).

Литература

1. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных кардиографических систем (часть 1) / Баевский Р. М. [и др.] // *Вестник аритмологии.*- 2002.- №24.- С. 65
2. Щербакова Т.Ф., Седов С.С., Хомяков А.В. Анализатор аритмий в системе связи пациента с лечебным центром. Физика и технические приложения волновых процессов: Тезисы докладов. VI Международная научно-техническая конференция. Казань, 2007. с.355

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОСХЕМ АНАЛОГОВОГО ВХОДНОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДЫХАНИЯ

А. А. Анисимов, Ю. О. Боброва

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

Целью работы стало изучение взаимной корреляции сердечно-сосудистой системы и системы дыхания человека с использованием специализированных микросхем аналогового входного интерфейса (Analog Front End – AFE) медицинского назначения. При этом для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- разработка отладочной платы для изучения микросхем аналогового входного интерфейса;
- разработка блока беспроводной передачи данных для сопряжения отладочной платы и персонального компьютера (ПК);
- разработка программного модуля для графической интерпретации и анализа данных.

Микросхемы аналогового входного интерфейса представляют собой набор аналоговых, цифровых и гибридных схем, интегрированных на одном кристалле, что позволяет создавать многофункциональные и весьма гибкие в настройке устройства. Данные микросхемы могут включать операционные усилители, фильтры, специализированные интегральные схемы для датчиков различного назначения, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи и конфигурируемые цифровые блоки, необходимые для обмена данными в цифровом виде с внешним микропроцессорным устройством.

Основными преимуществами AFE по сравнению со стандартными решениями на основе дискретных компонентов являются:

- многофункциональность (возможность замены множества типовых микросхем одной интегральной схемой);
- удобство настройки (разработчик получает возможность адаптироваться к разнообразным требованиям интерфейса, упрощается процесс настройки схемы);
- снижение времени разработки и отладки;

- значительное снижение габаритов готового устройства и уменьшение энергопотребления.

Американская фирма Texas Instruments, один из мировых лидеров по производству электронных компонентов, предлагает свою собственную линейку микросхем AFE ADS1x9x для измерения различных биопотенциалов (в частности, для записи электрокардиографического сигнала (ЭКС) и электроэнцефалограммы). TI является первой компанией, предложившей схемы высокого разрешения (16- или 24-битное разрешение встроенного сигма-дельта АЦП) при одновременной записи данных с нескольких каналов (от одного до восьми в старшей модели семейства) [1, 2].

При этом отдельные представители семейства позволяют проводить измерение параметров дыхания за счет специализированного интегрированного канала обработки данных. Исследование частоты дыхания основывается на принципе импедансной пневмографии. Для этого сигнал переменного тока малой амплитуды (не более 100 мкА) и высокой частоты (не менее 32 кГц) подается на исследуемый объект (для этого используется один из каналов записи ЭКС, при этом запись самого кардиографического сигнала с этого канала становится недоступной). Амплитудно-модулированный сигнал генерируется в результате дыхательных движений пациента. Полученный модулированный сигнал должен быть демодулирован для извлечения низкочастотной дыхательной составляющей сигнала. После демодуляции сигнал подается на фильтр нижних частот с частотой среза 2-4 Гц для удаления посторонних шумов [3].

Поскольку функция измерения частоты дыхания с синхронной записью ЭКС представляет особый интерес для дальнейшей работы по оценке кардиореспираторного взаимодействия, в данной работе была выбрана микросхема ADS1291R. В её структуру входит два сигма-дельта АЦП высокого разрешения (24 бита), блок инструментальных усилителей с программируемым коэффициентом усиления (PGA-матрица), блок предварительной фильтрации ЭКС от высокочастотной составляющей и интегрированный канал измерения параметров дыхания. Сигнал с электродов поступает прямо на вход микросхемы, без предварительной аналоговой фильтрации и предобработки, что позволяет значительно упростить схемотехнику готового устройства. Реографический канал обеспечивает измерение дыхательного импедан-

са с разрешением до 20 мОм, что позволяет вести точный мониторинг и корреляцию дыхания пациента с отклонениями в электрокардиограмме.



Рис. 1. Отладочная плата на базе AFE ADS1292R

Отладочная плата с установленной микросхемой ADS1292R и дополнительными микросхемами питания приведена на рисунке 1. Плата подключается к микропроцессорному блоку обработки и передачи данных посредством последовательного SPI интерфейса, далее данные по беспроводному Bluetooth каналу передаются на ПК. Запись и хранение данных обеспечивается при помощи аппаратно-программной платформы NI ELVIS и программной среды разработки LabVIEW(см. рис. 2).

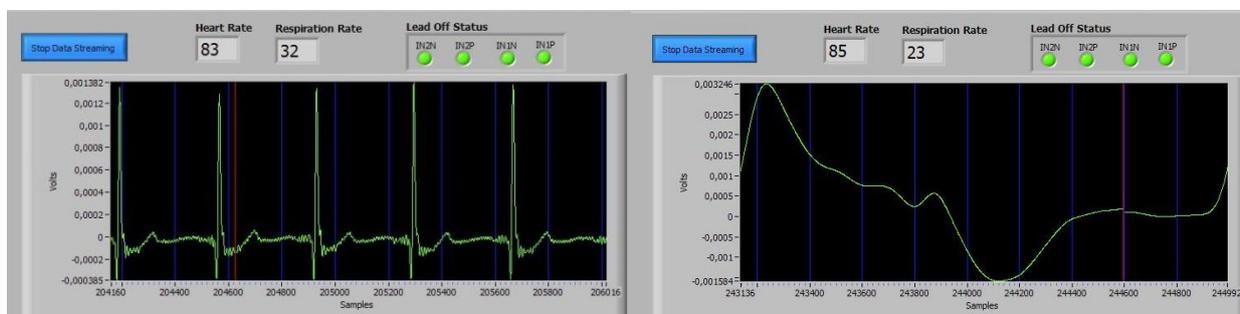


Рис.2. Регистрация ЭКС и реопневмограммы с помощью отладочной платы на базе AFE ADS1292R

Литература

1. Texas Instruments. ADS1x9xECG-FE Demonstration Kit, User's Guide. Источник: <http://www.ti.com/lit/ug/slau384a/slau384a.pdf>
2. Ankit Jain, Insoo Kim, Bruce J. Gluckman. Low Cost Electroencephalo-graphic Acquisition Amplifier to serve as Teaching and Research Tool. Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2011, P. 1888-1891.
3. D. Campillo, R. Guardarrama, R. González et al. A Real Time ECG Preprocessing System Based on ADS1298. Computing in Cardiology. 2013 P. 947-950

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ

А. А. Анисимов, Е. В. Чистякова

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

Скорость распространения пульсовой волны (СРПВ) является классическим индексом артериальной жесткости и прогностическим фактором смертности в результате сердечно-сосудистых заболеваний, таких как артериальная гипертензия. Также СРПВ может использоваться в качестве одного из параметров для организации систем неинвазивного мониторинга артериального давления. [1]

Цель исследования: разработка аппаратно-программного комплекса для измерения скорости распространения пульсовой волны.

Задачи:

1. Обзор существующих методик измерения СРПВ;
2. Проектирование аппаратной части системы измерения СРПВ в комплексной системе автоматизированного проектирования (САПР) радиоэлектронных средств – Altium Designer;
3. Создание и отладка экспериментального макета комплекса;
4. Разработка программы расчета СРПВ в программной среде MatLab;
5. Экспериментальная апробация разработанного комплекса в целях оценки достоверности полученных результатов

Пульсовая волна состоит из двух фаз – анакротической и диакротической. Первый пик пульсовой волны, соответствующий анакротическому периоду пульсовой волны, образуется в период систолы. Второй пик пульсовой волны, соответствующий диакротическому периоду образуется за счет отражения объема крови от аорты и крупных магистральных сосудов. [2]

Для крупных сосудов СРПВ описывается формулой Моенса-Кортевега(1).

$$V = \sqrt{\frac{Eh}{pd}} \quad (1),$$

где E - модуль упругости стенки сосуда, h - толщина стенки, d - диаметр сосуда. Величину p можно считать плотностью крови. [3]

Для расчета СРПВ фиксируется временная задержка между R зубцом электрокардиограммы и максимумом анакротической фазы на фотоплетизмограмме.

Аппаратная часть разрабатываемого комплекса базируется на четырех составных частях:

1. Канал съема электрокардиографического сигнала (ЭКГ), включающий в себя аналоговую и цифровую части, для обработки сигнала ЭКГ.
2. Канал съема фотоплетизмографического сигнала (ФПГ), для предобработки сигнала пульсовой волны.
3. Аппаратно-вычислительная платформа Arduino, служащая для оцифровки полученных сигналов.
4. Последовательный интерфейс передачи данных (Bluetooth), для передачи оцифрованных данных на компьютер.

Для обработки электрокардиограммы и фотоплетизмограммы, а также для нахождения фазовой задержки и СРПВ было создано программное обеспечение в среде MATLAB. Интерфейс, представленной, программы имеет возможность вывода обрабатываемых сигналов на экран, возможность производить выделение QRS – комплексов ЭКГ и максимумов фотоплетизмограммы. Также разработанное программное обеспечение позволяет автоматически вычислять фазовую задержку между сигналами и на ее основе рассчитывать СРПВ.

Для апробации разработанного комплекса был проведен эксперимент с участием двух испытуемых, разного пола и возраста. В результате обработки полученных сигналов ЭКГ и ФПГ для испытуемых и сравнении значений скорости распространения пульсовой волны для разных возрастных групп людей со статистическими данными по Н.Н.Савицкому были сделаны выводы о состоянии сердечно-сосудистых систем испытуемых.

В ходе исследования был проведен обзор существующих методик регистрации пульсовой волны.

- Проведен обзор существующих методик регистрации пульсовой волны;
- Приведено описание метода измерения СРПВ.
- Разработан макет аппаратно-программного комплекса для измерения СРПВ;

- Оценка адекватности модели была выполнена путём сопоставления результатов эксперимента, проведенного на базе разработанного комплекса со статистическими данными по Н.Н. Савицкому.

Литература

1. Методы контроля кровенаполнения тканей и измерения скорости пульсовой волны [http://biomedphys.sgu.ru/Files/Lectures/ppg_lecture.pdf];
2. Лебедев П.А., Калакутский Л.И., Власова С.П., Горлов А.П. Диагностика функции сосудистого эндотелия у больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями: методические указания. Самарский государственный аэрокосмический университет; Самара, 2004г, 18с;
3. Физические основы гемо- и гидродинамики [http://www.bsmu.by/files/k_fiziki/4.pdf] // Доцент Ильич Г.К.;

АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕМОРОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА

П. Н. Буренев

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Состояние центральной нервной системы человека характеризуется параметрами колебаний подвижных звеньев конечностей, возникающих в результате непроизвольного сокращения мышц. Признаком нарушения центральных и периферических нейронных механизмов регуляции движения являются изменения в амплитуде, частоте и форме колебаний. Специалистами Института мозга человека РАН предложен способ оценки дисфункции отдельных структур мозга, основанный на анализе колебаний [1]. Предложен подход к созданию аппаратных средств, реализующих этот метод на основе тензометрии [2]. Целью работы является создание аппаратно-программного комплекса для определения параметров колебаний подвижных звеньев конечностей тела человека. В состав комплекса входят регистрирующее устройство, состоящее из измерительного модуля и модуля управления, и персональный компьютер с соответствующим программным обеспечением.

Измерительный модуль обеспечивает определение параметров произвольного (постоянная составляющая) и непроизвольного (колебания) усилий рук пациента. Модуль построен на базе двух S-образных тензометрических датчиков модели MS-1, выполняющих преобразование параметров механических движений конечностей в электрические сигналы. Сигнал с каждого датчика разделяется аппаратными средствами на постоянную и произвольную составляющие, образуя четыре потока данных. Для преобразования аналогового сигнала в код используются четыре сигма-дельта АЦП ADS1246. Модуль управления реализован на базе микроконтроллера C8051F320. Он реализует три функции: управление измерительным модулем с использованием синхронного последовательного интерфейса SPI; первичную обработку данных (реструктуризация массивов измеренных значений для последующей передачи в персональный компьютер); обмен данными с персональным компьютером, осуществляемый с помощью последовательного интерфейса USB, работающего в режиме Interrupt.

Программное обеспечение персонального компьютера обеспечивает биологическую обратную связь (БОС), а также выполняет сбор, структуризацию и обработку полученной информации. БОС реализуется путем отображения на дополнительном мониторе, установленном перед испытуемым, программных индикаторов, меняющих положение на экране, в соответствии с постоянным усилием каждой руки. Информация о параметрах колебаний извлекается из потока данных, полученных на основе произвольного колебательного усилия. Определяются амплитуды и спектры колебаний, дополнительно предусмотрена возможность анализа корреляций и автокорреляций. Эти данные в дальнейшем сравниваются с типовыми шаблонами, на основании которых специалистами могут быть сделаны выводы о состоянии центральной нервной системы человека. Программное обеспечение для персонального компьютера состоит из: модуля взаимодействия с контроллером, обеспечивающего передачу управляющих сообщений и обмен данными; модуля статистической обработки; модуля пользовательского интерфейса. ПО создано с использованием языков C++/C#, интерфейсная часть написана с использованием технологии WPF и языка разметки XAML. Имеется возможность ведения базы данных пациентов и истории проведения исследований.

Разработанное аппаратно-программное обеспечение является основой треморографической системы, которая может быть эффективно использована для раннего обнаружения и диагностики двигательных нарушений, а также для выбора оптимального метода лечения. Может быть использована в медицинских учреждениях: диагностических и реабилитационных центрах, стационарах, поликлиниках и диспансерах.

Литература

1. Романов, С. П. Корреляты параметров произвольного усилия с функциональным состоянием моторной системы / С. П. Романов, З. А. Алексанян, Е. Б. Лысков, Н. А. Меркулова, Л. И. Романова // Рос. физиол. журнал им. И. М. Сеченова. – 2005. – Т. 91. – № 5. – С. 488–501.
2. Алексанян, З. А. Тремограф для контроля изменений психофизиологического состояния человека / З. А. Алексанян, П. Н. Бурнев, О. Б. Кострова, С. П. Романов // Сб. тр. регионального совещания «Актуальные проблемы психологической безопасности». Санкт-Петербург, июнь 2012 г. – СПб.: Изд-во «Свое издательство», 2012. – С. 105–107.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕСТ-РЕАКЦИИ ТЕРМОТАКСИСА PARAMECIUM CAUDATUM

А. Н. Величко, И. С. Захаров

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

В последние десятилетия особое внимание уделяется термотаксису инфузорий *Paramecium caudatum*, используемой, в том числе, и для контроля токсичности водных сред [1]. Лишь в начале XXI века было выявлено, что свойства термотаксиса инфузорий имеют сходство с температурной регуляцией многоклеточных. Одноклеточные организмы, не обладая нервной системой, образуют плавающие структуры, способные находить зону температурного оптимума.

Актуальность создания приборного биотеста на базе термотаксиса определяется зависимостью выбора одноклеточными зоны оптимальных температур от инфекций, гипоксии, ряда химических токсикантов, биохимических блокаторов метаболизма [2]. Существующие методы контроля в основном опирались на визуальные наблюдения и отсутствовали количественные критерии тест-реакции [3].

Целью данной работы является исследование возможности практического использования открытого в 2000-х гг. свойства инфузорий – отражения в реакции термотаксиса воздействия ингибиторов фосфорилирования и построения на основе экспресс-биотеста.

Актуальным является создание системы контроля тест-реакции термотаксиса, которая включает в себя:

- аппаратную часть – систему на базе цифровой камеры с режимом макросъемки (рис. 1.);
- программную часть – программу цифровой и статистической обработки изображений простейших (рис. 2.).

Был создан метод организации тест-реакции термотаксиса инфузорий с помощью источника холода, находящегося с одной стороны узкой протяженной кюветы. Такая схема позволяет формировать реакцию термотаксиса за несколько минут.

Раскодировка видеофайлов в разработанной программе происходит автоматически по заданным оператором параметрам. Скорость обработки составляет 12 видеозаписей/мин. В качестве информативных параметров

тест-реакции были выбраны угол наклона линейного тренда популяционного распределения простейших и коэффициенты перехода, рассчитанные математической рекуррентной имитационной модели.

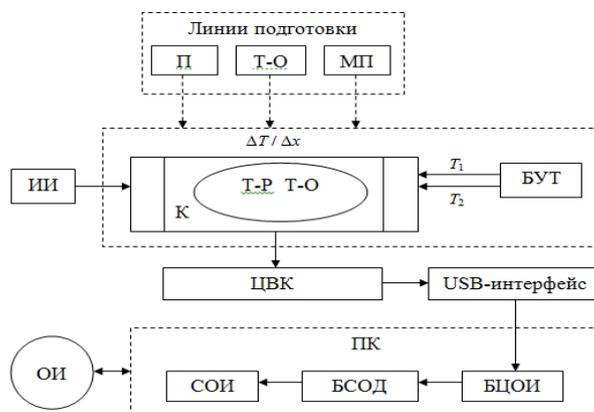


Рис. 1. Структура БТС биотестирования водных сред на основе тест-реакции термотаксиса, где П – проба, Т-О - тест-объект, МП – материалы и принадлежности, ИИ – источник излучения, К – кювета, Т-Р – тест-реакция, БУТ – блок управления температурой, ЦВК – цифровая видеокамера, ПК – персональный компьютер, БЦОИ – блок цифровой обработки изображений, БСОД – блок статистической обработки данных, СОИ – система отображения информации, ОИ – оператор-исследователь.

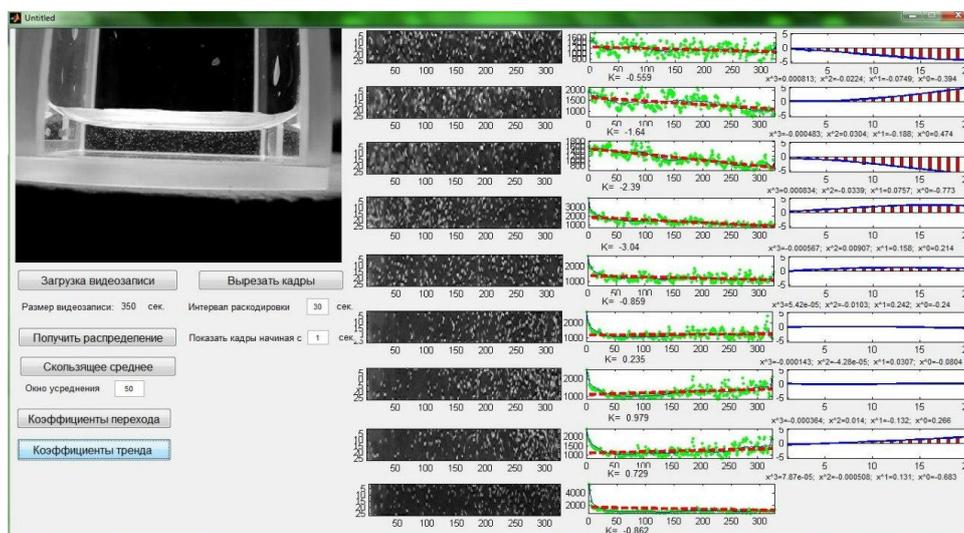


Рис. 2. Программа цифровой обработки видеозображений движения простейших.

Полученные результаты: обоснована актуальность тест-реакции термотаксиса; предложена схема формирования термотаксиса на основе создания искусственной гипоксии для взвеси инфузорий; обоснована БТС биотестирования водных сред на основе тест-реакции термотаксиса; разработана программа обработки цифровых видеозображений, которая выполняет функции блоков цифровой обработки изображений и статистиче-

ской обработки данных; предложены информативные параметры для тест-реакции.

Литература

1. Gordon, Christopher J. Temperature and toxicology: an integrative, comparative, and environmental approach / Christopher J. Gordon. CRC Press LLC. 2005. – 338.
2. Malvin G. M. et al. Nitric Oxide Production and Thermoregulation in *Paramecium caudatum*. – *Acta Protozoologica – International Journal on Protistology*. 2003. 42: 259 – 267.
3. Захаров И.С., Величко А.Н., Кустов Т.В. Исследование биотехнологических факторов биотеста на базе термотаксиса инфузорий для контроля токсичности водных сред. // *Биотехносфера*. 2014. №5 (35). С . 8-12.

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КАДРОВ ПРИ ВИДЕОКОДИРОВАНИИ ПО СТАНДАРТУ H265 (HEVC)

М. Н. Волыхина, С. М. Пыко

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

Видеокодирование приобретает всё большие темпы развития. Современные требования к качеству цифрового представления видеoinформации приводят к увеличению разрешения и динамического диапазона изображений, а также к повышению скорости видеопотока. В условиях существующих ограничений по полосе передачи данных и хранимому объему данных задача сжатия видеопотока является актуальной. Вместе с развитием вычислительной техники разрабатываются всё более сложные методы компрессирования видеоданных, при этом возрастает качество и уменьшается объем передаваемой информации. Эти изменения находят отражение в появлении новых стандартов видеокодирования.

Рекомендация ITU_T H.265/HEVC (High efficiency video coding — высокоэффективное кодирование видеоизображений) представляет собой дальнейшее развитие существующих рекомендаций по кодированию видеосигнала.

При сжатии видео производится как пространственный анализ кадров изображений, так и временной. Особенности сжатия приводят к появлению видеопотока с по-разному закодированными кадрами. В HEVC спецификации, как и в предыдущих, используется понятие GOP (Group Of Pictures) структуры. GOP структура охватывает минимальную необходимую для декодирования группу кадров изображений, которая определена текущим алгоритмом сжатия. В GOP структуру входят три типа закодированных кадров: I, P и B. К каждому типу кадра применяется свой алгоритм кодирования. Основные типы кадров:

- I-кадры (intra-frames) — опорные (референсные) кадры;
- P-кадры (predicted frames) — кадры, при кодировании/декодировании которых используются предыдущие закодированные кадры;

•В-кадры — кадры, при кодировании/декодировании которых используются как предыдущие, так и последующие кадры видеопоследовательности (bi-directional frames).

Каждая GOP группа обязательно начинается с I-кадра и с определенной периодичностью содержит P-кадры. При заданном отношении сигнал/шум I-кадры дают наименьший коэффициент сжатия, а В-кадры – максимальный. P-кадры по степени сжатия занимают промежуточное положение между I и В кадрами. Данные факторы влияют на выбор структуры GOP. Обычно, GOP структура постоянна на все время кодирования. Так, типичная для VideoCD IPB группа 15/3 имеет вид: IBPBPBPBPBPBPBPBP. Достижимое в такой GOP структуре сжатие, по сравнению с последовательностью только из I-кадров составляет около четырех раз. Наиболее часто используются более сложные последовательности кадров, которые обеспечивают более сильное сжатие видео. Некоторые программы позволяют настраивать последовательность кадров вручную, другие предлагают свои шаблоны, из которых нужно выбрать подходящий. Некоторые вообще не дают настраивать последовательность кадров. Программа выбирает последовательность в зависимости от других настроек, например, выходного битрейта.

Использование фиксированных GOP структур не всегда оправдано в условиях ограниченности вычислительных ресурсов. Поэтому возникает задача адаптации GOP структуры характеру кодируемого видео потока. Если положение I-кадров определяется сменой сцены, то выбор между P и В кадрами не так очевиден и их предлагается определять на основании упрощенного анализа текущего кадра. При осуществлении оценки движения находятся вектора, описывающие относительное перемещение блоков текущего кадра относительно блоков предыдущего кадра. Таким образом, для каждого кодируемого кадра можно сформировать поле векторов и по нему построить гистограмму для определения типа кадра.

Данная процедура не требует дополнительных затрат на обработку, так как использует ту информацию, которая всегда присутствует при оценке движения в распространенных алгоритмах сжатия. Таким образом, появляется возможность адаптировать структуру кадров к кодируемому видео потоку, добиваясь экономии вычислительных ресурсов при заданном отношении сигнал/шум.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КАВИТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПОВЕРХНОСТЬ ФТОРОПЛАСТА-4

М. А. Герасимов, Т. Д. Котенева, К. С. Сорокин

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

Как показывают многочисленные исследования, использование имплантатов из фторопласта-4 с разветвленной поверхностью является одним из основных путей ускорения их вживляемости в организм человека. Причем наилучшие результаты достигаются при характерных размерах неоднородностей разветвленной поверхности в диапазоне от 1 до 5 мкм. Традиционно разветвленную поверхность медицинского имплантата создают при его производстве. Однако в большинстве случаев неоднородность поверхности имплантатов, полученных подобным образом (20-50 мкм), существенно превышает необходимую.

Целью данной работы является разработка технологии, которая позволит уменьшить время вживляемости в организм человека имплантатов из фторопласта-4.

Для решения поставленной задачи мы использовали интенсивное кавитационное воздействие на поверхность образца как из специального, так и из обычного фторопласта.

Ультразвуковая кавитационная обработка поверхности происходит вследствие кратковременных импульсов высокого давления, которые создаются при «схлопывании» кавитационных пузырьков. Эти импульсы способны изменить рельеф обрабатываемой поверхности. Область, в которой протекают процессы развитой кавитации, относительно невелика. В данной работе ее границы определялись в ходе предварительных экспериментов: в зависимости от амплитуды колебаний волновода-излучателя и его расположения относительно обрабатываемой поверхности, можно подобрать режим ультразвукового давления, вызывающего требуемые изменения характера микрорельефа поверхности.

Сами исследования проводились по следующей методике:

- Предварительные АСМ-исследования обрабатываемой поверхности изделий.

- Образец закреплялся в сосуде с предварительно дегазированной водой на определенном расстоянии от волновода-излучателя (h) и под определенным углом к его оси (φ).

- Определенное время (от 1 до 15 минут) образец подвергался кавитационной обработке.

- Сушка в потоке воздуха (10 минут).

- АСМ-исследование обработанной поверхности.

Исследования показали, что результат обработки существенно зависит от расположения образца относительно волновода. Результаты исследований, полученные при обработке изделий специального медицинского фторопласта (образцы 1 и 2), приведены в таблице №1. Эти данные получены при обработке изделий в течении 15 минут при мощности ультразвукового излучения 300 Вт, диаметр волновода-излучателя 1,3 см. Очевидно, что расположение изделия вдоль оси волновода при одинаковом уровне УЗ давления позволяет существенно уменьшить размеры пор материала, приблизив их к оптимальным.

Таблица №1

Номер образца	1	2	3
Толщина образца, мм	0,3	1	2
Без обработки			
Диаметр пор, мм	0,033	0,023	0,0003
Высота пор, мм	0,003	0,003	0,0001
После ультразвуковой обработки вдоль оси волновода			
Диаметр пор, мм	0,009	0,007	0,003
Высота пор, мм	0,003	0,003	0,0005
После обработки перпендикулярно оси волновода			
Диаметр пор, мм	0,025	0,02	0,0005
Высота пор, мм	0,001	0,001	0,0008

Из приведенных в таблице результатов видно, что расположение изделия позволяет также получить разветвленную поверхность обычного фторопласта (образец 3).

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПО ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СТОП ЧЕЛОВЕКА

Э. А. Даминова

Уфимский государственный авиационный технический университет

Внедрение современных технологий в медицину в настоящее время является успешным и очень полезным: современную медицину невозможно представить без технических новшеств. Интегрируясь во все новые и новые разделы медицины, приборы и системы затронули и проведение диагностических исследований, позволив тем самым получать больше информации, производить дальнейшую ее обработку и надежное хранение.

Являясь жизненно важной, опорно-двигательная система подвержена различным заболеваниям и патологиям, для обнаружения которых широко используют специализированные диагностические средства и методы, одним из которых является пространственно-временное определение зон стопы, реализуемое в разрабатываемом устройстве.

Стопа как целое выполняет функции опоры, передвижения и смягчения толчков при физической активности. Имея сводчатое строение, стопа выполняет роль амортизатора, дополняя в этой функции изгибы позвоночного столба, тазобедренный, коленный и голеностопный суставы [1].

Давление, оказываемое весом человека, на стопу велико и в состоянии покоя, и при физических нагрузках, поэтому различные патологии в работе стопы, в строении ее костной и мышечной систем приводят к нарушениям в работе всей опорно-двигательной системы человека, например плоскостопие - деформация стопы, характеризующаяся уплощением ее сводов [2]. Помимо этого стопа может отражать на себе состояние других органов и систем, например сахарный диабет. При этом заболевании у человека наблюдается синдром диабетической стопы [3].

Разрабатываемое техническое решение представляет собой стельки с смонтированными в них тензометрическими преобразователями, расположенными в соответствии с элементами и поясами постуральной стимуляции. В постурологии особое внимание уделяется взаимосвязи тонических реакций с нарушениями вертикального положения тела человека [4].

Наиболее предпочтительными датчиками для разрабатываемого технического решения являются фольговые тензорезисторы и полупроводниковые тензорезисторы [5].

Структурная схема устройства состоит из следующих блоков: блока датчиков, представленного стельками с вмонтированными в них датчиками для правой и левой ног; блока коммутации, управляемого сигналами разрешения от микропроцессорной системы, включающей в себя аналогово-цифровой преобразователь, микроконтроллер; блока фильтров, необходимого для избавления информационного сигнала от шумов, помех и наводок; блока предварительного усиления; блока выделения полезного сигнала, где выделяется информационная составляющая о давлении; блока визуализации. Полученная информация может быть передана в персональную ЭВМ, на съемный носитель, также может быть отображена на дисплее блока визуализации.

Предложенное техническое решение основано на современной элементной базе, отвечает требованиям мобильности, а также позволит определять и изучать распределение давления и его особенности по опорной поверхности стоп человека.

Литература

1. Анатомия опорно-двигательного аппарата: Учеб. пособие / П. Г. Пивченко, Д. В. Ковалева. - Мн. : БГМУ, 2003. – 138 с.
2. Популярная медицинская энциклопедия. Гл. ред. Б. В. Петровский. В 1-м томе. Аборт – Ящур. – М. : Советская энциклопедия, 1987 – 704с.
3. Удовиченко О. В. , Грекова Н. М. Диабетическая стопа. – М. : Практическая медицина, 2010. – 272 с.
4. Гаже П. -М. , Вебер Б. Постурология. Регуляция и нарушения равновесия тела человека. СПб. : Издательский дом СПбМАПО, 2008. – 316 с.
5. Датчики: Справочник / З. Ю. Готра, Л. Я. Глиницкий и др. – Львов: Каменяр, 1995. – 312 с.

ИММУНОГИСТОХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ ПЛАЦЕНТ ПРИ ПЕРЕНОШЕННОЙ БЕРЕМЕННОСТИ

А. О. Дробинцева, В. О. Полякова

Научно-исследовательский институт акушерства, гинекологии и репродуктологии им.

Д. О. Отта,

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Известно, что 10-12% беременностей продолжаются до или свыше 42 недель. Перекашивание беременности - это фактор риска развития осложнений как для матери, так и для будущего ребенка. Существует риск снижения функциональной активности плаценты после 41 недели, что приведет к недостатку питательных веществ и гипоксии плода [1]. По данным одних авторов в плаценте при перенашивании наблюдаются серьезные структурные изменения, тогда как в других исследованиях отличий от нормы не выявлено [2]. Эндотелиальная NO-синтаза участвует в защите плаценты от вредного воздействия свободных радикалов, а также регулирует маточно-плацентарный кровоток [3]. Виментин является структурным белком и играет роль в сократимости ворсин плаценты и поддержании стенки капилляров, влияя на кровообращение в плаценте [4]. Кисспептин играет существенную роль в регулировании инвазии трофобласта и ангиогнезе на ранних сроках гестации, показано, что при преэклампсии активность кисспептина выше, чем при нормальной беременности [5].

В связи с этим целью настоящей работы стало изучение экспрессии эндотелиальной NO-синтазы, виментина, кисспептина и рецептора к кисспептину в плацентах здоровых женщин при доношенной и переносной беременности.

Материалы и методы исследования. Плаценты, полученные от женщин с нормально протекающей беременностью, разделили на 2 группы: со сроком гестации 38-40 недель – доношенная беременность (n=15) и 42-43 недели – переносная беременность (n=13). Иммуногистохимическая реакция с антителами к NOS3 (1:100, Dako), виментину (1:200, Dako), кисспептину (1:100, Abcam) и рецептору к кисспептину KISS1R (1:300, Abcam) проведена с использованием флуоресцентных вторичных антител Alexa Fluor 1:1000, Abcam). Визуализация препаратов проводили на конфокальном микроскопе FW1000 (Olympus) в программе FV10-ASW. Площадь (%) и яр-

кость (у.е.) экспрессии оценивали в программе ImageJ. Статистическая обработка полученных данных проводилась в программе Statistica 7.0. с использованием t-критерия Стьюдента.

Было установлено, что в плацентах с физиологически доношенной беременностью $10,31 \pm 1,68$, тогда как в препаратах плаценты после перенесенной беременности площадь экспрессии была в два раза ниже ($5,52 \pm 0,43$). Наименьшая средняя яркость eNOS была выявлена в группе с перенесенной беременностью $8,12 \pm 0,02$ у.е. Виментин, основной структурный белок плаценты, был выявлено во всех препаратах, как при доношенной, так и перенесенной беременности. При сравнении групп, не было выявлено статистически значимых отличий в значениях средней яркости и оптической плотности экспрессии виментина в плаценте. Ни в одном из случаев не было выявлено иммунопозитивного окрашивания на белок киспептин, ни в зрелой, ни в перенесенной плаценте. Тогда как экспрессия рецептора к киспептинам была выше в случаях с перенесенной плацентой, чем в доношенной, хотя встречалась не во всех препаратах.

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы: структура плаценты остается неизменной, концентрация вазоактивного фермента NO-синтазы снижается при перенесенной беременности. Повышенная экспрессия рецептора к киспептинам может быть вовлечена в процесс редукции васкуляризации ворсин.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-15-00324).

Литература

1. Doherty L, Norwitz ER; Prolonged pregnancy: when should we intervene? //Curr Opin Obstet Gynecol. 2008 Dec;20(6):519-27.
2. Кветной И.М., Айламазян Э.К., Лапина Е.А., Колобов А.В. Сигнальные молекулы-маркеры зрелости плаценты. М.: Медпресс-информ, 2005.с72-73
3. Krause B.J, Carrasco-Wong I, Caniuguir A, et al Endothelial eNOS/arginase imbalance contributes to vascular dysfunction in IUGR umbilical and placental vessels // Placenta. 2013 Jan; 34(1):20-8. doi: 10.1016/j.placenta.
4. Sak E. Placental expression of vimentin, desmin and ultrastructural changes in the villi in patients with HELLP syndrome //European Review for Medical and Pharmacological Sciences, 2013; 17: 874-87
5. Cartwright J. E., Williams P. J. Altered placental expression of kisspeptin and its receptor in pre-eclampsia //Journal of Endocrinology 04/2012; 214(1):79-85

БИОЧИПЫ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО ЭКСПЕРСС-АНАЛИЗА НА ОСНОВЕ БИОРАСПОЗНАВАНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ФЛЮОРЕСЦЕНЦИИ БЕЛКОВЫХ МАРКЕРОВ ЗАБОЛЕВАНИЙ

*А. И. Егоров, А. Б. Серков, О. А. Рыжов, Т. Г. Ляшенко, В. А. Карасев, И. В. Назимов,
Т. М. Зимина*

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

Благодаря развитию бионанотехнологий в практику медицины внедрены новые методы экспресс-диагностики, в частности, ДНК- и протеомные биочипы (протеомика - наука о белках и пептидах). Биочипы формируют на основе нуклеотидного или пептидного синтеза как *in situ*, на твердой поверхности, так и путем иммобилизации синтезированных пептидных или олигонуклеотидных лигандов, создавая на поверхности плотные матрицы биокомплементарных лигандов.

Одной из проблем медицины является экспресс-диагностика инфаркта миокарда (далее ИМ). Считается, что при срочной доклинической диагностике этого заболевания существенно повышаются шансы пациента на полное выздоровление. Такой метод доклинической диагностики может быть основан на создании специальных биочипов и соответствующих мобильных приборов для считывания результатов теста.

В настоящее время большинство экспресс-методов диагностики ИМ основано на применении полосок с иммобилизованными антителами для проведения иммунофлюоресцентного анализа. Недостатком такого метода является крайняя лабильность белковых лигандов (иммуноглобулинов), необходимость специального хранения, что неудобно для осуществления диагностики на месте (Point-of-Care).

Целью данной работы является разработка технологии формирования биочипа и отработка конструкции мобильного прибора для доклинической диагностики ИМ. Особенностью разрабатываемых биочипов является применение пептидных аптамеров в качестве лигандов. Такие аптамеры позволяют определять флюоресцентное свечение белков непосредственно на чипе без применения флюоресцентных меток. Разработаны первичные структуры пептидов, которые могут проявить пространственную комплементарность с целевыми белками. Синтезированы образцы пептидов.

Подготовка подложек для иммобилизации пептидов является отдельной технологической задачей. В качестве подложек выбраны экструзионные покровные стекла. Измерение ИК спектров показало, что имеется скачок величины поглощения в области 2600 см^{-1} .

Для иммобилизации стекла подготавливались в несколько этапов: промывка и термообработка, ввод аминопропильной группы, присоединение радикала к этой группе и присоединение самого пептида. Важно отметить, что разные образцы стекла сильно различаются как по степени развитой поверхности, так и по содержанию силанольных групп. Для увеличения площади поверхности проводили дополнительную обработку поверхности методом плазмохимического травления.

Таким образом, создание биочипов позволит внедрить в медицинскую практику экспресс-методы диагностики, основанные на определении белковых биомаркеров.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ НА ПОВЕРХНОСТЬ ЗУБА

Т. Д. Котенева, А. Ю. Михник, К. С. Сорокин

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

На сегодняшний день ультразвуковая обработка поверхности зубов находит широкое применение в стоматологии. Однако, пока малоизучено то, какое воздействие оказывают интенсивные ультразвуковые колебания на поверхность зуба. Именно это и является целью данного исследования.

В качестве исследуемого образца был выбран срез зуба, толщиной 2 мм, имеющий начальную стадию кариеса. Известно, что типичный размер кристаллитов, из которых состоит зуб, составляет более 40 нм. Для исследования поверхности с такими размерами возможных неоднородностей необходима аппаратура, которая позволяет работать в подобном высоком разрешении. Поэтому для оценки результатов исследования был выбран сканирующий зондовый микроскоп (СЗМ) Certus. В большинстве случаев для достижения необходимого нам разрешения сканировался произвольно выбранный участок поверхности 25x25 мкм (1000x1000 точек).

Перед ультразвуковой обработкой проводились предварительные СЗМ-исследования поверхности необработанного образца в нескольких областях. Результаты одного из сканирований приведены на левой части рисунка 1. Здесь же приведено сечение образца по выделенной линии. На исследуемой поверхности выделяется большое количество наростов диаметром 1-5 мкм.

До обработки образец помещался в емкость с дегазированной дистиллированной водой. С помощью волновода создавались условия развитой ультразвуковой кавитации.

В первом эксперименте образец устанавливался на расстоянии 5 см от торца волновода, горизонтально, напротив него. Плотность мощности излучения на торце – 270 Вт/см². Время обработки – 5 минут.

Во втором эксперименте – на расстоянии 2,5 см от торца волновода, вертикально, на расстоянии 2 см от оси волновода. Плотность мощности – 190 Вт/см². Время обработки – 2 минуты.

Каждый раз после ультразвуковой обработки образец просушивался, после чего проводилось СЗМ-исследование выбранных областей его поверхности.

Проведенные исследования показали, что ультразвуковая обработка позволяет убрать со здоровой поверхности эмали зуба наросты, которые «закрывают» углубления в эмали, при этом на поверхности появляются неоднородности глубиной 400-1000 нм.

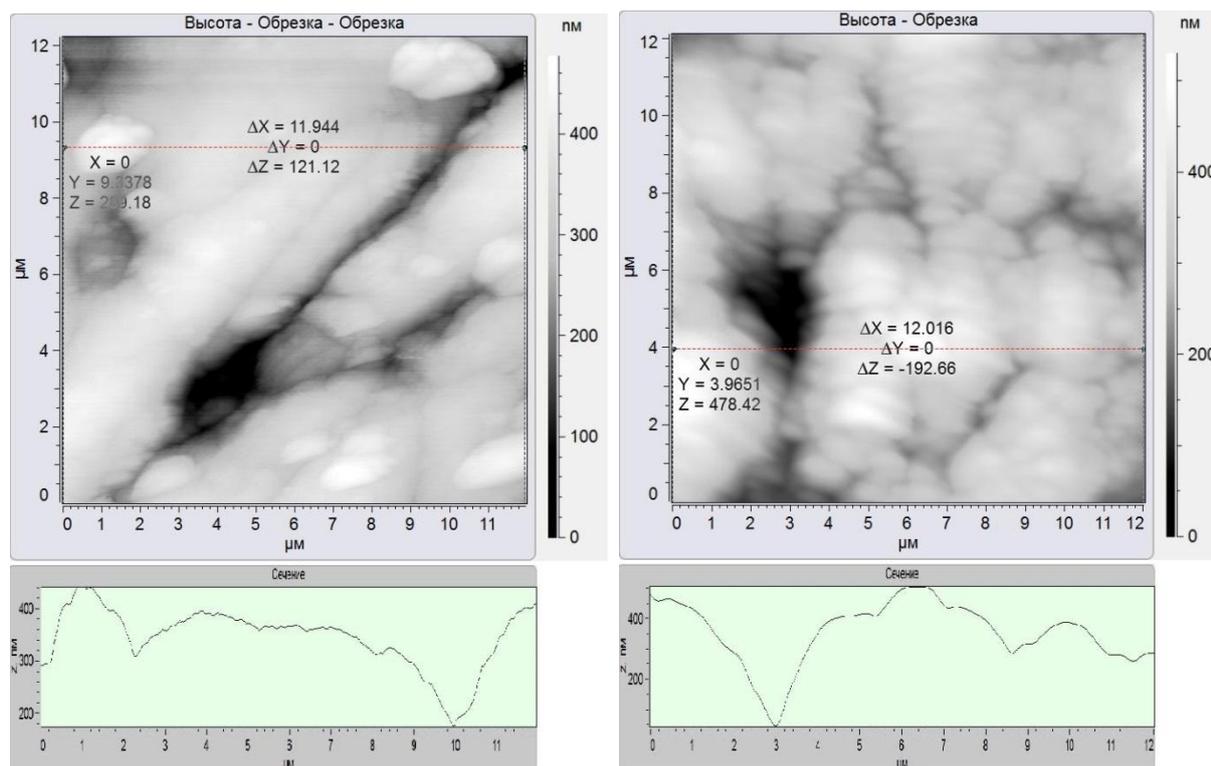


Рисунок 1

В случае поперечного расположения образца (первый эксперимент) удаётся убрать менее 50% наростов. В случае продольного расположения (второй эксперимент) - убирались практически все наросты. Результаты сканирования поверхности и сечение образца по выделенной линии, полученные после подобной обработки, приведены на правой части рисунка 1.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее эффективным режимом обработки является случай, когда ультразвуковое воздействие направлено по касательной к очищаемой поверхности.

АКУСТИЧЕСКИЙ ПИНЦЕТ ДЛЯ ЛАБОРАТОРИИ-НА-ЧИПЕ НА ОСНОВЕ ПОДЛОЖЕК ИЗ НИОБАТА ЛИТИЯ

В. Е. Лемозерский, Ш. М. Гаммадов, Т. М. Зими́на

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

В настоящее время большой интерес вызывают достижения в новой междисциплинарной области – лаборатории-на-чипе (ЛНЧ), которая появилась благодаря миниатюризации и применению технологий микроэлектроники в задачах аналитической химии, медицинской диагностики и биохимии. Это позволило создать аналитические приборы нового типа с повышенной степенью интеграции.

Для проведения диагностики необходимо определить молекулярные маркеры болезни или идентифицировать возбудитель болезни. Поэтому ЛНЧ должна выполнять следующие функции: отбор и подготовка пробы, ее перенос в аналитические модули, химическая и физическая обработка, анализа и вывод данных. Для того, чтобы создать автоматическую ЛНЧ нужно имплементировать все эти функции в миниатюрные конструкции и автоматизировать систему. Одной из важных задач выполнения анализа с помощью ЛНЧ является контроль положения объектов (частиц, бактерий, бактериальных кластеров, зон растворенных биомолекул или капель) в каналах микрофлюидной системы.

Целью данной работы является позиционирование объектов, например, частиц, несущих информацию, таких как ювенильные колонии микроорганизмов в экспресс-микробиологическом анализе. При их анализе в современных ЛНЧ требуется реализации функции позиционирования. Эта функция нужна для того чтобы, например, переносить объекты анализа от одного функционального элемента к другому или для того, чтобы их зафиксировать в момент, когда идет процесс распознавания, опознавания и регистрации. В цифровой микрофлюидике необходимо манипулировать капельками, для того, чтобы подвести их к месту, где их нужно слить или разъединить. Осуществление этого процесса также требует разработки специальных приемов, что является важной научно-технической задачей.

Известны методы переноса объектов с потоком жидкости, в том числе в системах с жидкостной логикой. В микросистемах для этого используют различные актюаторы. Представляется интересным использование акусти-

ческой актюации в ЛНЧ, поскольку этот подход является бесконтактным, гибким и позволяет осуществлять многообразие конструкций и функций.

Целью данной работы является разработка акустического пинцета на основе подложки из ниобата лития со встречно-штыревыми преобразователями (ВШП) и изготовление микрофлюидной системы на ее поверхности с помощью метода мягкой литографии. Данная структура предназначена для применения анализе бактериальных кластеров с помощью ЛНЧ.

НОВЫЙ ПОДХОД К ДИАГНОСТИКЕ ПЛЕВРАЛЬНОГО ВЫПОТА

Н. Б. Минязева, А. Ю. Дёмин

Уфимский авиационный государственный технический университет

В хирургии и реанимации часто встречается такое явление, как скопление жидкости в плевральной полости или плевральный выпот. Причиной этому может служить двусторонний выпот (гидроторакс), не носящий характеристик экссудата, встречающийся при тяжелой сердечной недостаточности. Односторонний выпот по типу экссудата является частым осложнением пневмонии, абсцесса легкого, может быть проявлением туберкулеза, злокачественной опухоли легких или самой плевры (мезотелиомы), при скоплении в плевральной полости крови (при ранении, при геморрагическом диатезе), могут быть плевриты при аллергозах, бруцеллезе, кандидамикозе [1].

На сегодняшний день существуют несколько способов определения объема плеврального выпота. Небольшие по объему выпоты определяются при плановых рентгенологических исследованиях по поводу основного заболевания. Появление тяжести в боку и нарастающей одышки свидетельствует о накоплении значительного количества жидкости. При осмотре отмечаются отставание в акте дыхания пораженной стороны, увеличение объема нижнего отдела грудной клетки, расширение и выбухание межреберных промежутков. Методом перкуссии можно определить не менее 300—400 мл жидкости [2].

Наибольшее значение имеют ультразвуковые исследования при выявлении небольших количеств жидкости в плевральной полости, обычно измеряют «глубину» и «высоту» выпота. Метод позволяет быстро решить важный для диагностики вопрос: состоит образование из мягкой ткани или содержит жидкость [3].

Пункция плевральной полости, или торакоцентез, может преследовать диагностические и лечебные цели. Показанием к диагностической пункции служит наличие плеврального выпота неясного происхождения. Плевральная пункция входит в обязательный диагностический минимум, но недостаток состоит в том, что метод является инвазивным [2].

Главной проблемой на сегодняшний день является определение объёма жидкости в плевральной полости, т. к. различные методы дают значительное расхождение, примерно 300-500 мл. Важно точно определить объём и характер выпота, так как при определённых результатах требуются разные меры по устранению жидкости. Так, например, при раковом плеврите большие плевральные выпоты должны быть эвакуированы, для облегчения дыхания, а при лечении плеврита туберкулезной этиологии проводится обычно туберкулостатическими препаратами [1].

В случае других патологий, плевральную жидкость следует удалять в раннем периоде при больших выпотах, вызывающих одышку и смещение сердца, или если перкуторные границы тупости спереди доходят до II ребра. В целях предупреждения коллапса одномоментно рекомендуют эвакуировать не более 1,5 литра жидкости. Небольшой по объёму серозный экссудат, связанный с туберкулёзом или другим инфекционным заболеванием, удалять необязательно [2].

Существует возможность проводить биоимпедансометрию, чтобы определять общее количество воды в организме и состав всего тела. Соответственно, теоретически возможно измерение объёма и состава жидкости только в плевральной полости. Планируется исследовать диагностические возможности биоимпедансного метода для определения объёма и характера жидкости именно в плевральной полости.

Литература

1. Болезни органов дыхания/Под ред. Н. Р. Палеева.— М.: Медицина, 2000.— 728 с
2. Болезни плевры/Под ред. В. В. Ерохин.- М.: Медицина, 2010. – 256 с
3. Получение информации о параметрах и характеристиках организма и физические методы воздействия на него: Учебное пособие/В. Г. Гусев. – М.: Машиностроение, 2004. – 597 с.

ФОРМИРОВАНИЕ МАТРИЦ НАНОПОРИСТЫХ МИКРОПЛОЩАДОК НА ОСНОВЕ АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ В КАЧЕСТВЕ СУБСТРАТОВ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Е. А. Нестеров, С. А. Корлякова, Е. Севостьянов, М. Н. Серкова, Т. М. Зимица

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

Нанопористые биосреды являются быстро развивающейся областью в исследовании наноматериалов с большим потенциалом для развития и дальнейшего применения в областях медицинской диагностики инфекционных заболеваний, что является очень актуальным направлением в связи с рядом существующих на сегодня проблем. В настоящее время из-за отсутствия информации об этиологии инфекционного процесса, в подавляющем большинстве случаев лечение является неэффективным или несвоевременным, что опасно для здоровья многих заболевших людей.

В настоящее время микробиологические методы для проведения такого анализа являются трудоемкими, малопродуктивными, длительными (занимают 3 – 7 дней). Рассматривается портативная система для клинико-диагностических исследований на основе одноразовых миниатюрных интегрированных диагностических платформ – «лабораторий на чипе» (ЛНЧ), предназначенная для экспресс-идентификации микроорганизмов и тестирования их антибиотикорезистентности (АБР) с целью принятия оперативного решения по эффективной терапии инфекционного заболевания.

В настоящее время лабораториям-на-чипе (ЛНЧ) уделяется особое внимание благодаря новым возможностям, которые они открывают. Скорость и точность диагностики, миниатюризация, возможность загрузки пробы и ее адресная доставка для анализа, малые объемы жидких сред с возможностью их смешивания – все это при малых характерных размерах элементов делает ЛНЧ полезными для различных применений в биотехнологии и медицине.

За последние годы разработки новых методов микробиологического анализа направлены на исследование и применение уникальных свойств нанопористых пластин из анодного оксида алюминия (АОА). АОА мембраны как класс самоорганизующихся материалов являются высокоупорядоченным и биосовместимым субстратом с регулярным размером пор, их равномерной плотностью, высокой пористостью и большой площадью

поверхности. Исходя из вышесказанного, нанопористые АОА являются электрически изолирующими, химически стабильными, биоинертными и биосовместимыми. Эти важные свойства являются полезными для различных применений АОА мембран в биотехнологии и медицине, начиная от биофльтрации, опорных конструкций, биодатчиков, покрытий имплантов, системы доставки лекарств и каркасов для тканевой инженерии.

В нашем проекте рассматривается формирование структур с заданной морфологией АОА для создания ростовых платформ на ЛНЧ для микробиологического анализа. Основной задачей является разработка технологии создания структур в едином технологическом цикле, получение гомогенности структур, позволяющей оптическую регистрацию кластеров микроорганизмов, а так же прочности и надежности.

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 проблемы хронизации и носительства инфекций, сократит срок временной нетрудоспособности, инвалидизации и смертности населения из-за бактериальных инфекций, благодаря оперативной постановке диагноза и эффективного использования антибиотиков.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА КАТОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СРЕДНТЕМПЕРАТУРНЫХ ТОТЭ

А. А. Пономарева, М. Ю. Арсентьев, О. А. Шилова, И. Ю. Кручинина

Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова Российской академии наук

В последнее время большая часть мирового научного сообщества озабочено проблемами альтернативной энергетики. Значительное внимание уделяется разработке твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) с более низкой рабочей температурой [1, 2]. Считается, что снижение рабочей температуры позволит существенно расширить круг конструкционных материалов, увеличить ресурс работы и, возможно, снизить стоимость твердооксидных топливных элементов [2]. Материалы на основе оксида церия имеют огромный потенциал для применения его в качестве электрода топливных элементов, работающих в среднетемпературном режиме. Сложной задачей для создания топливной ячейки с электродом на основе церия является выбор материала и конструкционных особенностей катода. Известно, чтобы увеличить производительность катодов при пониженных рабочих температурах вместо $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ (LSM) перовскитного материала, который проявляет хорошие характеристики при температурах свыше 800°C , используют перовскиты на основе кобальтита стронция, такие как $\text{La}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_{3-\delta}$ (LSC), $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ (LSCF), $\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_{3-\delta}$ (SSC), $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ (BSCF), которые обладают смешанной ионной и электронной проводимостью [3, 4]. В данной работе были синтезированы катодные материалы LSC составов. Образцы были получены методом Печини. Серия катодных материалов состоит из трех образцов, прошедших термический обжиг при различных температурах 700, 800 и 900°C . Рентгенофазовый анализ показал, что все образцы имеют схожий набор фаз: $\text{La}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_{3-\delta}$ и SrCO_3 , количество SrCO_3 уменьшается с ростом температуры обжига.

Литература

[1] Brian C. H. Steele. Running on natural gas. NATURE, vol. 400, 1999, pp. 619-621.

- [2] В.А. Собянин. Высокотемпературные твердооксидные топливные элементы и конверсия метана. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2003, т. XLVII, №6, с. 62-70.
- [3] Xingyan Xu, Changrong Xia, Guoliang Xiao, Dingkun Peng. Fabrication and performance of functionally graded cathodes for IT-SOFCs based on doped ceria electrolytes. Solid State Ionics 176, 2005, pp. 1513 – 1520.
- [4] Y. Min Park, H. Kim. Composite cathodes based on $\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_{3-\delta}$ with porous Gd-doped ceria barrier layers for solid oxide fuel cells. International journal of hydrogen energy, 37 (2012), pp. 15320-15333.

ПОЛУЧЕНИЕ ПЛЕНОК ZnO ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

И. А. Пронин, Н. Д. Якушова, Д. Ц. Димитров

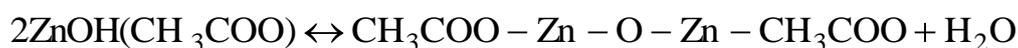
Софийский университет «Св. Климент Охридский»

Благодаря своим электрическим, оптическим, структурным свойствам собственный и легированный оксид цинка нашел применение в качестве материала для газовых сенсоров, люминофоров, катализаторов, наногенераторов, варисторов.

В настоящей работе рассматриваются физико-химические закономерности формирования тонких наноструктурированных пленок оксида цинка. Для синтеза золя использованы следующие прекурсоры: ацетат цинка двухводный $Zn(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$; 2-метоксиэтанол $CH_3OCH_2CH_2OH$; 2-аминоэтанол $HOCH_2CH_2NH_2$. Полученная смесь перемешивалась в течение 15 минут и созревала 24 ч при комнатной температуре. Пленки были получены методом центрифугирования с последующим отжигом в течение часа при температуре 500 °С.

В золь-гель процессе молекулярные прекурсоры претерпевают ряд превращений в золе: (а) гидролиз; (б) полимеризация с последовательным добавлением ионов и образованием оксо-, гидроксил- или аквамостиков; (в) конденсация путем дегидратации; (г) зарождение и (д) рост коллоидных частиц [1]. Рассмотрим процессы, происходящие на начальных этапах синтеза при приготовлении золь по разработанной методике.

Прямые процессы гидролиза и конденсации катионов Zn^{2+} (процессы 2, 3 на рисунке 1), происходящие согласно схемам:



протекают относительно медленно из-за низкой концентрации воды, вводимой в процессы синтеза из кристаллогидрата $(CH_3COO)_2Zn \cdot 2H_2O$, т.е. $[H_2O]/[Zn^{2+}] = 2$. Введение в реакционную смесь 2-аминоэтанола, выступающего в качестве комплексообразующего агента, также задерживает конденсацию $Zn(II)$ – процесс 1, рисунок 1. Однако присутствие этого амина, являющегося слабым основанием, смещает рН раствора в щелочную сторону, что способствует образованию ZnO . Присутствие ацетат-иона также играет большую роль в образовании комплекса с Zn^{2+} (процесс 4), которое протекает в конкуренции с 2-аминоэтанолом. В целом, три

нуклеофила (2-аминоэтанол, CH_3COO^- , OH^-) конкурируют за образование комплекса с Zn^{2+} . Наличие OH^- приводит к образованию олигомеров оксоацетатов цинка.

Процесс 7, связанный с образованием оксоацетатов цинка, можно для примера схематически отразить следующим уравнением:

$5(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn} \cdot 2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Zn}_5(\text{OH})_8(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 8\text{CH}_3\text{COOH}$,
 который номинально не требует дополнительной воды. В зольях начальных этапах их созревания формирование молекулярных кластеров происходит на основе следующих соединений: $\text{Zn}_{10}\text{O}_4(\text{CH}_3\text{COO})_{12}$, $\text{Zn}_4\text{O}(\text{CH}_3\text{COO})_6$, $\text{Zn}_5(\text{OH})_8(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [2].

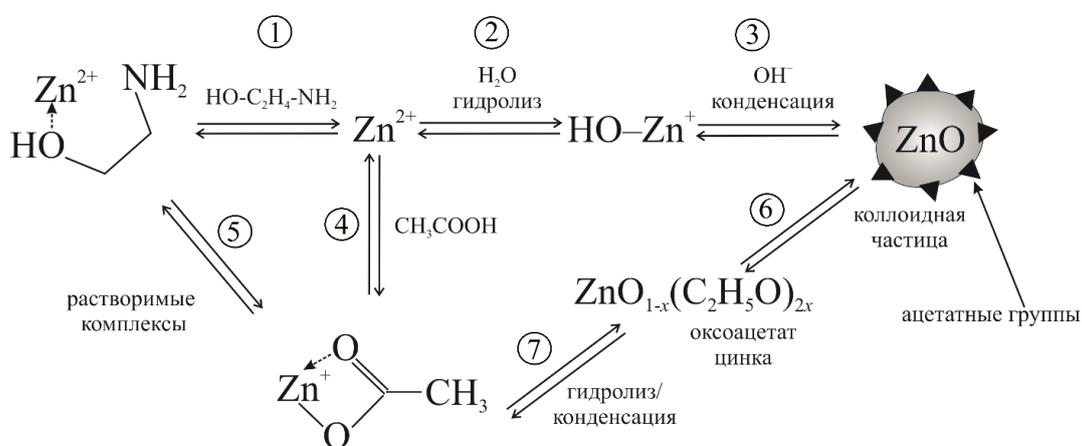


Рисунок 1 – Схема процессов, происходящих в исходных растворах

В дальнейшем, эти кластеры, претерпевая процесс поликонденсации формируют коллоидную частицу оксида цинка – процесс 6.

Таким образом, в работе исследованы физико-химические процессы созревания зольей оксида цинка.

И.А. Пронин и Н. Д. Якушова благодарят Министерство образования и науки Российской Федерации за финансовую поддержку проведения исследований в Софийском университете «Св. Климент Охридский» в течение 10 месяцев в рамках Стипендии Президента РФ для обучения за рубежом.

Литература

1. L. Znaidi Sol-gel-deposited ZnO thin films: A review // Materials Science and Engineering B 174 (2010) 18–30;
2. Eiji Hosono, Shinobu Fujihara, Toshio Kimura, Hiroaki Ima Non-Basic Solution Routes to Prepare ZnO Nanoparticles // Journal of Sol-Gel Science and Technology. February 2004, Volume 29, Issue 2, pp 71-79;

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Н. С. Пцелко, Е. Г. Водкайло, Я. С. Кади

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

В настоящее время люди в своих жилых помещениях создали собственный «искусственный» воздух, физически и химически отличающийся от наружного, с недостатком аэроионов, насыщенный продуктами дыхания и пылевыми частицами. Установлена зависимость между электрическим состоянием внешнего воздуха, числом и полярностью естественных аэроионов, и состоянием здоровья человека [1]. Чтобы нейтрализовать нарушение естественного ионного состава воздуха, иммунная система человека расходует до 80% ресурсов.

Для экспериментальной оценки концентрации ионов в жилых помещениях был проведен эксперимент с использованием установки, принцип работы которой основан на измерении напряжения на предварительно заряженном воздушном конденсаторе. Конденсатор после зарядки отключается от источника питания. Уменьшение напряжения происходит вследствие саморазряда конденсатора за счет конечных значений сопротивлений воздуха и конструкционного диэлектрика, изолирующего пластины конденсатора. Для исключения стекания заряда через измерительный прибор измерения осуществлялись полевым (а не токовым) способом [2]. Предлагается система уравнений, в которой считается, что ток разряда приблизительно постоянен по величине, что подтверждается линейностью экспериментальной зависимости заряда конденсатора от времени, а также слабой зависимостью тока от напряженности электрического поля для воздуха в широком диапазоне напряженностей. Результаты расчета показали, что в обследуемом помещении (учебная лаборатория в ВУЗе), концентрация ионов существенно меньше санитарных норм.

В настоящей работе представлена концепция автоматизированного ионизационно – измерительного комплекса, включающего, в частности, датчики – измерители концентраций ионов, химические анализаторы, измерители интенсивности и спектрального состава светового излучения на основе фотопреобразователей световой энергии. Для улучшения качества

воздуха предлагается использовать «интеллектуальный» ионизатор, управляемый в соответствии с окружающими условиями по заданной программе. Включение ионизатора может принципиально осуществляться только в очищенном от аэрозолей воздухе, а генерация ионов той или другой полярности обеспечивается с варьируемой интенсивностью в соответствии с поставленной перед комплексом задачей. Предлагаемый измеритель концентраций аэроионов выполнен с применением зондового метода определения концентраций на основе использования в качестве зонда затвора МДП-транзистора, позволяющего вносить минимальные искажения в измерения нестационарных процессов генерации и транспорта аэроионов в воздухе помещения [2].

Кроме того, показана перспективность биологического метода очистки воздуха от газовых загрязнителей. В работе [1] описана методика проведения эксперимента по определению численных показателей скорости поглощения газовых загрязнителей высшими растениями. Приведены результаты лабораторных экспериментов, показывающих поглотительную способность растений по отношению к газовым загрязнителям, сколько времени им необходимо для восстановления поглотительной способности и каково влияние аэроионного состава воздуха на эффективность поглощения растениями загрязнителей. Представлены результаты испытаний эффективности поглощения растениями газообразных загрязнений с помощью аппаратно-биологических комплексов, установленных в помещениях очистных сооружений. Показано снижение концентрации угарного газа и углеводородов, а также, углекислого газа в помещениях, где установлены аппаратно-биологические комплексы, в среднем в 2 - 3 раза по сравнению с соседними помещениями.

Литература

1. Воробьев К.В., Мешалкина М.Н., Пщелко Н.С., Рублевская О.Н., Спичкин Г.Л. «Поглощение органических и неорганических газовых загрязнителей высшими растениями в условиях антропогенных нагрузок». – «Биотехносфера» № 5(35), 2014 г., с. 23-29.
2. Пщелко Н.С. Устройство для контроля комплекса низкочастотных характеристик диэлектрических материалов. Материалы 13-й Международной конференции «Физика диэлектриков» (Диэлектрики – 2014). С-Пб, 2-6 июня 2014 г. Т.2. – С-Пб: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2014. С. 184-187.

РАЗРАБОТКА ЧАСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УЧАСТКА ОБРАЩЕНИЯ ЛОКОМОТИВА НА ГИС ОСНОВЕ

В. Н. Размашкин¹, А. А. Минина²

¹*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики*

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

Реализация проекта направлена на построение интеллектуальной информационно-измерительной системы комплексной безопасности участка обращения локомотива; теоретические и экспериментальные исследования программно-алгоритмического обеспечения интеллектуальной информационно-измерительной системы комплексной безопасности участка обращения локомотива.

Целью реализуемого проекта является разработка части структуры интеллектуальной информационно-измерительной системы комплексной безопасности участка обращения локомотива и создание ее программно-алгоритмического обеспечения.

Реализация проекта позволит разработать программно-алгоритмическое обеспечение интеллектуальной информационно-измерительной системы комплексной безопасности участка обращения локомотива, провести соответствующие теоретические и экспериментальные исследования.

На настоящий момент выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы по проблеме информационного обеспечения комплексной безопасности участка обращения локомотива. Проведены патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96. Выполнено обоснование выбора направления исследований. Разработаны требования к программно-алгоритмическому обеспечению интеллектуальной информационно-измерительной системы комплексной безопасности участка обращения локомотива. Разработана база геоинформационных данных информационно-измерительной системы комплексной безопасности участка обращения локомотива.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые создается измерительная информационная система, соединяющая уровень управления участком обращения локомотивов с системой стационарных и подвижных подсистем, с использованием геоинформационной технологии на каждом уровне; разрабатываются аппаратно-программные средства подвижной подсистемы, обеспечивающие контроль состояния железнодорожного полотна в реальном времени в процессе эксплуатации подвижного состава.

РАЗРАБОТКА СИМУЛЯТОРА ДЛЯ ОТРАБОТКИ МАНУАЛЬНЫХ НАВЫКОВ В ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ

В. Д. Сазонова, Е. А. Шамрай

Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова

В современных тренажерах и программах обучения студентов закладываются принципы развития практических навыков с одновременной теоретической подготовкой. Следует отметить, что реализация такого подхода стала возможна в связи с прогрессивным развитием электронно-вычислительной техники, систем визуализации и 3D - моделирования органа.

Метод моделирования имеет ряд преимуществ перед обучением непосредственно в процессе клинической практики:

-можно создавать ситуации с заданными параметрами и ставить перед обучающимся структурированные, поэтапно выполняемые задачи;

-при совершении ошибок отсутствует опасность для пациента и для персонала;

-возможны полное «погружение» обучаемого в выполнение задания, осмысление собственных действий.

Первый этап работы состоял в поиске материалов для создания искусственного кожного покрова, близкого по тактильным характеристикам к человеческой коже, также была поставлена цель: найти форму, которая бы повторяла изгибы человеческого тела и могла бы использоваться в качестве фантома, имитирующего брюшную полость. Экспериментальное растяжение контрольных и опытных образцов производили на разрывной машине в лаборатории по изучению механических свойств материалов. Таким образом, в результате эксперимента было установлено, что силиконовая резина «МОЛД 2100ПА» применима для создания модели кожного покрова брюшной полости.

Для создания фантома, имитирующего брюшную полость, был взят пластмассовый манекен верхней части туловища молодого мужчины, на поверхность которого наносился композит выбранного материала, который повторяя контуры тела, давал эффект кожного покрова. Отработка эндохирургических манипуляций на нашем тренажере осуществляется с помощью эндоскопических инструментов, введение которых в его корпус

производится через систему клапанов, расположенных на передней стенке. С помощью этих клапанов производят различные манипуляции, контролируя свои действия через видеомонитор. Для передачи изображения из корпуса тренажера на видеомонитор в нем предусмотрено наличие видеокамеры, в которую вмонтирован светодиод, позволяющий освещать осматриваемую поверхность. Далее в полость фантома предполагается поместить пенополиуретановый герметик, имитирующий позвоночный столб, затем на него соответственно будет уложена поролоновая прокладка, имитирующая заднюю брюшную стенку, далее на неё будут прикрепляться органы брюшной полости.

РАЗРАБОТКА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И УЛЬТРАЗВУКОВОГО СЕНСОРОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ЛАБОРАТОРИИ НА ЧИПЕ

А. И. Семенов, Н. О. Ситков, А. В. Соловьев

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

В настоящее время все больший интерес вызывает технологии лабораторий на чипе для экспресс-диагностики биопатогенных микроорганизмов. Такие устройства позволят в короткий срок автоматически производить идентификацию микроорганизмов и их анализ на антибиотикорезистентность. В отличие от традиционных методов микробиологического анализа, недостатком которых является сложность и трудоемкость (культивация, выделение чистых сред, окраска по методу Граму и т.п.), в лаборатории на чипе возможно производить быструю и неразрушающую диагностику бактерий и их анализ на антибиотикорезистентность. Одним из важнейших блоков лаборатории на чипе является блок идентификации микробиологических объектов, включающий в себя различные сенсорные элементы.

Данная работа посвящена разработке диэлектрического и ультразвукового сенсора. Работа диэлектрического сенсора основана на измерении диэлектрических спектров водной взвеси бактерий в измерительной ячейке. Работа ультразвукового датчика основывается на том, что поглощение ультразвука во взвеси микрообъектов определяется характером химического состава и типа клеточной оболочки. Для тестирования данных сенсоров были произведены измерения частотной зависимости диэлектрической проницаемости и коэффициента поглощения ультразвука модельных водных взвесей полистирольных латексных микрочастиц. Полученные результаты будут применены для интерпретации измерений в водных взвесах дрожжевых бактерий и бифидобактерий.

Литература

1. W. A. T. Ruwansiri and E. C. Kulasekere Impedance Model for Human Skin and Blood Glucose Spectroscopy / NECEC. – 2011.
2. Лебедев-Степанов П. В. Поглощение звук раствором наночастиц. / Лебедев-Степанов П. В., Рыбак С. А. // Акустический журнал, -т. 51, -№3, -С. 326-330.
3. Гусев. Ю. А. Основы диэлектрической спектроскопии: учеб.пособие. Казань, 2008.

ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННОЙ ПОРТАТИВНОЙ КАРДИОГРАФИИ

О. Н. Сидорченко

Южный федеральный университет институт нанотехнологий, электроники и приборостроения

Болезни сердца – главная причина смерти миллионов людей во всем мире. Причем течение многих заболеваний проходит бессимптомно. Чтобы контролировать работу самого важного человеческого органа, в данной работе будет представлена разработка портативного кардиографа: дешевого и практичного. На данный момент на рынке медицинской техники представлен широкий выбор портативных аппаратов для контроля работы сердца. Но недостатком большинства является то, что данные устройства не позволяют в полной мере проводить топическую диагностику инфаркта миокарда по одноканальной ЭКГ. Возникает так же проблема подавления артефактов, помех при неплотном контакте с кожей.

Цель этой работы – демонстрация возможностей современной портативной кардиографии на примере разработки портативного кардиографа.

Развитие современных технологий сейчас находится на том уровне, когда любой пациент имеет возможность самостоятельно следить за состоянием своего здоровья по средствам электронных устройств: градусников, тонометров, глюкометров, кардиографов и т.д. Портативные кардиографы – удобные, компактные, функциональные приборы. Они используются для самостоятельного контроля и отслеживания сердечной деятельности, позволяют зафиксировать внезапные краткосрочные приступы заболевания или ухудшения самочувствия, которые не всегда успевает выявить бригада скорой помощи или участковый врач. Эти устройства незаменимы для больных с различными видами аритмий, стенокардией, гипертонической болезнью, перенесших инфаркт миокарда и операции на сердце. Одно из важных достоинств прибора – возможность наблюдать за развитием заболевания в динамике, его удобно будет применять для холтеровского исследования [1].

Литература

1. Медицина в России. Интернет-журнал о здоровье_ igiuv_ru [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://igiuv.ru/mediczinskoe-oborudovanie/942-vybiraem-domashnij-kardiograf.html>

ЦИФРОВАЯ МИКРОФЛЮИДИКА ДЛЯ ЛАБОРАТОРИИ НА ЧИПЕ

В. С. Соколов, Р. А. Хафизов, Т. М. Зимица

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

Развитие и доступность технологий микроэлектроники привело к появлению аналитических систем на основе микрофлюидных устройств (МФУ), позволяющих осуществлять уникальные манипуляции с микроколичествами жидкой или газообразной пробы. Разновидностью микроаналитических систем являются лаборатории на чипе. ЛНЧ должна обеспечивать базовые функции аналитико-технологической системы: ввод пробы, комплекс полностью автоматизированных аналитических процедур и вывод информации. Важнейшим условием является создание жидкостной транспортной системы.

Разделение объектов в химическом и биологическом анализе является одним из основных принципов для его осуществления. Известно множество аналитических методов основанных на принципе разделения молекул, ионов и частиц в жидких средах. Как правило, для разделения используют воздействие внешних полей на микрочастицы. Наиболее известными и широко распространенными можно считать фильтрационные и хроматографические методы, ультразвуковые методы, электрофорез, диэлектрофорез и т. п. Кроме этого огромное разнообразие биомедицинских компонентов могут разделяться, смешиваться, исследоваться с помощью программируемого управления потоками жидкости в микрофлюидной системе.

Новым методом манипулирования объектами анализа является цифровая микрофлюидика. В отличие от систем с непрерывными потоками жидкости, в данном подходе переносят отдельные капельки жидкости, поэтому его можно назвать дискретной микрофлюидикой в отличие от непрерывной или аналоговой.

Электросмачивание, диэлектрофорез - наиболее часто используемые принципы, которые используются для создания и управления микрокаплями в цифровом устройстве. Эффект электросмачивания – это изменение коэффициента смачивания поверхности под воздействием электрического поля или тока. Его применение на структурированных электродных по-

верхностях в сочетании со строго заданными величинами приложенных электрических потенциалов позволяет программировать перенос отдельных капель для осуществления их адресной доставки в ЛНЧ.

Целью данной работы является создание цифровой транспортной системы на основе эффекта электросмачивания. При этом полученная система может иметь высокую степень управляемости и позволять достигать высоких скоростей движения жидкости в капиллярах, что является важной задачей ЛНЧ.

БИОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ БИОМАРКЕРОВ ГЕНОТОКСИЧНОСТИ

М. С. Степанова, И. С. Захаров

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

В каждом живом организме, геном определяет функционирование клеток в зависимости от сигнала из вне. Любое физическое или химическое вещество, способное создавать помехи этих сигналов через генетические и эпигенетические механизмы может быть токсичным для клеточного цикла, роста, деления и дифференциация.

В течение многих десятилетий, геномные нарушения рассматривались, чтобы быть результатом изменений в первичной структуре ДНК. Генетический материал, как известно, кодирует всю информацию необходимую для организма, чтобы расти, размножаться и умирать. Структурная целостность ДНК рассматривается как жизненно важная. В настоящее время, эпигенетические явления были признаны фундаментальными для правильного развития и клеточной дифференцировки в пределах здоровых тканей.

Целью данного исследования было изучение различных биомаркеров генотоксичности, позволяющих заметить предпосылки изменения в структуре молекул ДНК, а также биотехнологий, с помощью которых реализуется процесс контроля за биомаркерами.

Биомаркер – любой биологический ответ на воздействие экологического загрязнителя, отражающий изменения, произошедшие в организме относительно нормы.

Исследование реакций биомаркеров выявило важную особенность, которая не проявлялась в других видах биологического контроля. При выявлении реакции живого организма, находящегося в природной среде, на токсичные загрязнения было обнаружено, что изменения на молекулярном уровне не являются показателем опасности для клеточного, тканевого и более высоких уровней организации. Использование биомаркеров потребовало обязательного учета при статистических оценках изменения реакции относительно нормы не только вероятности ошибок первого рода

(пропуск цели), но вероятность ошибок второго рода (ложных тревог). При очень малых дозах вредных веществ для молекулярного уровня уменьшается ошибка пропуска опасности, но повышается ошибка ложных тревог для тканевого и уровней более высокой организации. По сравнению с биотестированием, где обеспечивается довольно высокая воспроизводимость тест-реакции в природной среде тест-реакции флуктуируют, что необходимо учитывать при оценке опасности. Флуктуации повышают вероятность ошибки второго рода, но ее учет позволяет дать более реалистичные оценки загрязнению окружающей среды, тогда как ориентация на оценки биомаркеров молекулярного уровня может привести к ошибочным выводам об опасности ситуации с состоянием природных сред.

Методы молекулярной биологии были разработаны для обнаружения поражений, таких как мутации, разрывов ДНК и рекомбинации с потенциальными последствиями для генома и его активности. Очень ограниченное число растений и не млекопитающих животных были полностью секвенированы. Это значительно ограничивает развитие методов ДНК и РНК микрочипов в экотоксикологии для геномных исследований.

Несколько методов для геномного анализа, изначально используемых для видовой характеристики, также могут быть использованы для несеквенированных видов. Такие методы включают в себя случайные амплификации ДНК или случайным образом амплифицированной полиморфной ДНК, грунтованный произвольного полимеразной цепной реакции, ДНК-амплификации отпечатков пальцев, и усиливается Длина фрагмента полиморфизм. Все эти методы основаны на амплификации ДНК после случайной отжига праймера.

Литература

1. «Ecological Biomarkers. Indicators of Ecotoxicological Effects.» Edited by Claude Amiard-Triquet, Jean-Claude Amiard, Philip Rainbow, 2013
2. «Water Quality Information: Water Monitoring Introduction, Monitoring Plan.» EPA Taiwan 2012
3. Шахматова О. А. Отклик гидробионтов на стрессовые факторы морских экосистем// Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2012. Вып. 7. С. 98–113.

СПЕЦИФИКА БИНАРНОГО СЛИЧЕНИЯ ЭТАЛОНОВ

Е. С. Сулоева

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

В соответствии с действующими положениями измерительное средство и получаемые с его помощью результаты должны быть метрологически верифицированы, т.е. для них должны быть определены метрологические характеристики погрешностей. Определение метрологических характеристик для установленных условий производится посредством сопоставления получаемых результатов с результатами, формируемыми эталонными средствами, метрологический уровень которых по определению выше метрологического уровня верифицируемых средств. Используя предложенную типизацию задач принятия решения по результатам процедуры сличения эталонов в зависимости от имеющихся АЗ [1], выделяется ранее не изученная задача бинарного сличения с кортежем априорных знаний, состоящих из номинальных значений, данных о случайной погрешности и распределение систематической погрешности.

В данной задаче можно выделить 2 подзадачи, одна из которых является частным случаем группового сличения с известными данными об i -ой систематической погрешности. Алгоритм расчета [2] упрощается, т.к. исключаются данные о транспортируемом эталоне и связанные с ним величины (если речь идет о нескольких транспортируемых эталонах). Другая задача имеет дело с известным распределением разности систематических погрешностей, которую невозможно разделить для каждого из объектов. Поэтому разрабатывается алгоритм, который позволяет прогнозировать результат сличения по вероятностной характеристике, описывающей превышение разностью систематической погрешности некоторого порогового уровня. Таким образом, для случаев, когда состав АЗ позволяет установить распределение вероятностей $w(\Delta_{\text{сист}}\lambda_{12})$ и $w(\Delta_{\text{сл}}\lambda_{12})$, возможно получить двумерная плотность распределения вероятности независимых случайных величин $\Delta_{\text{сист}}\lambda_{12}$ и $\Delta_{\text{сл}}\lambda_{12}$: $w(\Delta_{\text{сист}}\lambda_{12}, \Delta_{\text{сл}}\lambda_{12}) = w(\Delta_{\text{сист}}\lambda_{12}) \cdot w(\Delta_{\text{сл}}\lambda_{12})$. Приняв условную плотность распределения $\Delta_{\text{сист}}\lambda_{12}$ при фиксированном значении

$\delta \lambda_{12} = \Delta_{\text{сист}}\lambda_i + \Delta_{\text{сл}}\lambda_i$, находится ее значение с нормирующим коэффициентом на всем интервале существования.

Интеграл от нормированного вида двумерной плотности распределения $w_n(\Delta_{\text{сист}}\lambda_{12} / \delta \lambda_{12})$ в предельно допустимых значениях - вероятность принадлежности при фиксированном значении результата сличения

$$P[\Delta_{\text{сист}}\lambda_{12} \in [-c, c] / \delta \lambda_{12}] = \int_{-c}^c w_n(\Delta_{\text{сист}}\lambda_{12} / \delta \lambda_{12}) d(\Delta_{\text{сист}}\lambda_{12})$$

Далее проводится анализ полученных результатов, включающий в себя отыскание вероятности того, что каждая из систематических погрешностей находится в допустимых установленных пределах, а также вероятность того, что обе систематические погрешности попадут или находятся в данном коридоре, при условии фиксированном значении разности показаний объектов сличения. Для этого было проведено имитационное моделирование в ПО Labview, где для различных случаев условного распределения систематических погрешностей находилось значение искомые вероятностные характеристики. Пример построения машинного эксперимента для отыскания вероятности неперевышения одной из систематических погрешностей порогового уровня при фиксированном значении результата

$$\begin{aligned} \text{АЗ} &= (\delta \lambda_{12} = \Delta_{\text{сист}}\lambda_{12} + \Delta_{\text{сл}}\lambda_{12}, w(\Delta_{\text{сист}}\lambda_i), w(\Delta_{\text{сл}}\lambda_i), |P[\Delta_{\text{сист}}\lambda_1| \leq c / \delta \lambda_i]) \\ &\rightarrow \{ \Delta_{\text{сист}}\lambda_1, \Delta_{\text{сл}}\lambda_1, \Delta_{\text{сист}}\lambda_2, \Delta_{\text{сл}}\lambda_2 \}_{N_1} \rightarrow \{ \Delta_{\text{сист}}\lambda_1, \Delta_{\text{сист}}\lambda_2, \Delta_{\text{сл}}\lambda_{12} = \delta \lambda_i - \Delta_{\text{сист}}\lambda_{12} \}_{N_1} \\ &\rightarrow \{ |\Delta_{\text{сист}}\lambda_1| \leq c, \Delta_{\text{сл}}\lambda_{12} = \delta \lambda_i - \Delta_{\text{сист}}\lambda_{12} \}_{N_3} \rightarrow |P[\Delta_{\text{сист}}\lambda_1| \leq c / \delta_{\text{ср}}\lambda_i] = N_3 / N_1 \end{aligned}$$

Достоверность полученных результатов отражена в соответствии данных полученных при аналитическом расчете и данных эксперимента, также рассмотрен вклад каждой из погрешностей в результат. Данный подход позволяет оценить на основе имеющейся априорной информации принимаемое решение о соответствии сличаемых эталонов заявленным характеристикам при помощи вероятностно-статистических методов.

Литература

1. Цветков Э.И. Сулоева Е.С. Процедуры принятия решения по результатам бинарных и групповых сличений // «Приборы» 2014 год № 11 С. 33-38
2. Suloeva E. S. Tsvetkov E. I., Rzieva M. T. Decisions Based on the Results of Comparisons of Standard// Measurement Techniques October 2014, Volume 57, № 7, pp 733-739

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИНЕРЦИОННОСТИ ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

Л. И. Фараизова

Уфимский государственный авиационный технический университет

Посредством зрительной системы человек получает информацию о внешнем мире благодаря чувствительности к световым волнам, отражаемым или излучаемым окружающими объектами, и при помощи нервной обработки строит модель этого мира.

Простейшими, но очень важными психическими познавательными процессами являются ощущения. Они сигнализируют нам о том, что происходит в данный момент вокруг нас и в нашем собственном организме, дают возможность ориентироваться в окружающих условиях. Цвет, одно из свойств объектов материального мира, воспринимаемое как осознанное зрительное ощущение. Чтобы возникло зрительное ощущение, свет должен обладать некоторой минимальной (пороговой) энергией. Зрительное ощущение появляется не мгновенно. Прежде чем возникнет ощущение, в зрительной системе должны произойти многократные преобразования и передача сигналов. Время "инерции зрения", необходимое для возникновения зрительного ощущения, в среднем равно 0,03 - 0,1 с [1,3].

Предлагаемый метод позволяет исследовать интегральные параметры инерционности зрительной системы человека в естественных условиях, определить действительное значение параметров инерционности зрительной системы, исключив влияние эффекта последовательной маскировки [2].

Одно из проявлений инерционности заключается в том, что зрительный анализатор не может различать два последовательных события, если одно из них происходит позже другого на некоторый малый интервал времени. Такие события воспринимаются зрительным анализатором как происходящие одновременно. Эта особенность зрительного анализатора легла в основу предложенного метода исследования его инерционности путем одновременного предъявления испытуемому пары импульсов – эталонного и регулируемого по длительности [4].

В том случае, когда у пациента возникает ощущение раздельности тестовых импульсов, программно начинают уменьшать длительность регулируемого импульса на 5 мс до тех пор, пока у пациента не возникнет

ощущение слияния тестовых импульсов. Когда испытуемый перестает различать два импульса, а начинает видеть их как один, увеличивают длительность регулируемого импульса на 1 мс до тех пор, пока у пациента не возникнет ощущение раздельности тестовых импульсов. Разность длительности эталонного импульса и длительности того импульса, при котором у пациента возникает ощущение раздельности тестовых импульсов будет определяться как параметр инерционности зрительной системы человека.

Предлагаемый метод исследования инерционности не требует длительного времени на подготовку и проведение эксперимента и может быть применен для периодических массовых обследований.

На основе данного метода имеется возможность реализовать устройство, отличающееся простотой в эксплуатации и которое может найти широкое применение в области биотехнических систем, а также в эргономике при оценке функционального состояния операторов в различных профессиональных областях.

Литература

1. Прокопенко В.Т., Трофимов В.А. Психология зрительного восприятия / Учебное пособие. – СПб: СПбГУИТМО, 2006. – 73 с.
2. Патент 2220656 Российская Федерация, МПКА61В5/16. Устройство для исследования параметров инерционности зрительной системы человека; авторы: Роженцов В.В., Петухов И.В.; патентообладатель: Марийский государственный технический университет.- №2002109579/14; заявл. 15.04.2002; опубл. 10.01.2004.
3. Шевелев И.А., Костелянец Н.Б. и др. Электроэнцефалограмма и считывание информации в зрительной коре человека при опознании образов// Физиология человека. – 1985. – Т.11. – 5. – С. 711 с.
4. Патент 2262293 РФ, МПК7 А 61 В 3/02. Способ определения времени инерционности зрительной системы человека. / Петухов И. В., Лежнин А. В., Роженцов В. В. — Опубл. 20.10.2005, Бюл. № 29.

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ АНАТОМИИ

Е. А. Шамрай, В. Д. Сазонова

Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова

Технологии в преподавании анатомии человека постоянно развиваются, но не в каждом образовательном медицинском учреждении существует пригодный для визуального восприятия анатомический биологический объект. В образовательных, а также просветительских целях был создан проект по 3-D моделированию шейного отдела. Данный проект ориентирован на студентов медицинских учреждений. В дальнейшем будут задействованы остальные отделы позвоночного столба, такие как грудной, поясничный, крестцовый и копчиковый.

В ходе разработки проекта были использованы стандартные программы по 3-D моделированию, такие как «3D Studio Max» и «Blender».

Проект создан с целью облегчения восприятия учебного материала. Благодаря явному преимуществу трехмерного изображения над двухмерным, он дает более четкую картину особенностей взаимного расположения сосудов и нервов, отношение их к различным топографическим образованиям, глубину их залегания.

Характерной особенностью проекта является функция «разреза» отдела в нужном оператору направлении, что может дать четкую картину аксиального разреза. Так же для улучшения демонстрационных качеств и повышения учебной ценности в данном проекте, будет реализована функция «подсвечивания» нужной части отдела: это могут быть труднодоступные для обзора сосуды и нервы, а также органы с различных видов пространственной ориентации.

Начальный этап построения проекта представляет собой построение позвоночного столба, который является основанием. В дальнейшем планируется «присоединять» нужные анатомические части к основанию.

Знание точной топографической анатомии необходимо не только для проведения хирургических операции, но и врачам других направленностей, для получения правильного представления об источнике патологического процесса и путях его дальнейшего распространения. Нужно хорошо знать местоположение каждого органа по отношению к частям тела, скеле-

ту, другим органам, представлять себе глубину залегания органа, его отношение к проходящим рядом крупным сосудам и нервам и т.д.

Практическая значимость данной технологии заключается в облегчении визуального восприятия взаимного расположения органов, сосудов и нервов.

Проект дает возможность преподавателю более четко показать изучаемую область, демонстрируя слушателям особенности строения и очередность выделения анатомических образований без использования биологических объектов.

ЖИДКОСТНАЯ ЛОГИКА В ЛАБОРАТОРИИ-НА-ЧИПЕ ДЛЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Р. А. Хафизов, Т. М. Зими́на, Ю. А. Гвозде́в, А. В. Соловьёв

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

В настоящее время лабораториям-на-чипе (ЛНЧ) уделяется особое внимание благодаря новым возможностям, которые они открывают в биомедицинской диагностике. Это связано, главным образом, с необходимостью повышения скорости и точности диагностики, что в значительной степени позволяют разрешить ЛНЧ – миниатюрные гибридные аналитические приборы. ЛНЧ должны решать аналитические задачи загрузки пробы, ее адресной доставки, анализа и др. для чего важнейшим условием является создание жидкостной транспортной системы. Технической задачей создания такой системы является ее миниатюризация, и разработка механизмов управления малыми объемами жидких сред, включая их дискретизацию, смешивание, жидкостную актюацию и др. с учетом ряда особенностей, а именно малых чисел Рейнольдса, преобладания поверхностных сил над объемными, а также диффузионных эффектов при малых характерных размерах элементов. Данные особенности учитываются топологией сложной капиллярной системы и режимом работы. Поскольку многие элементы таких систем выполняют элементарные действия с жидкостью, напоминающие электрические логические схемы, то кажется уместным использовать принципы логики для управления ими.

В микробиологии одной из основных задач является идентификация вида бактериальных патогенов и определение их устойчивости к антибактериальным препаратам. В микрофлюидных системах решение данной проблемы состоит из ряда задач, включающих капиллярную топологию элемента для переноса бактериальных кластеров, элементы распознавания и сортировки таких кластеров, управление течением жидкости внутри них. Эти задачи могут быть решены путем применения булевой логики. Используя алгоритмы булевой логики можно реализовать манипулирование потоками в микрофлюидной системе, содержащей как микросмесители, так и сепараторы. В данной работе реализованы две логических схемы,

выполняющие функцию логического элемента “ИЛИ” для сепарации видов бактериальных кластеров. Первое решение использует, так называемое “мажоритарное логическое голосование”. [1] Его принцип основан на идентификации единичного клеточного кластера по трем (возможно и более) признакам (рис. 1).

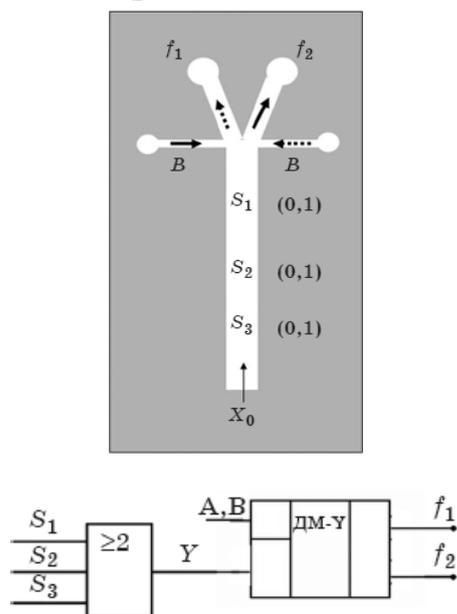


Рис.1. система классификации бактериальных кластеров на две фракции с использованием мажоритарного логического голосования сигналов трех датчиков и логического “И” с жидкостными ключами A и B: S_1, S_2, S_3 – датчики; ДМ-Y – демultipлексор

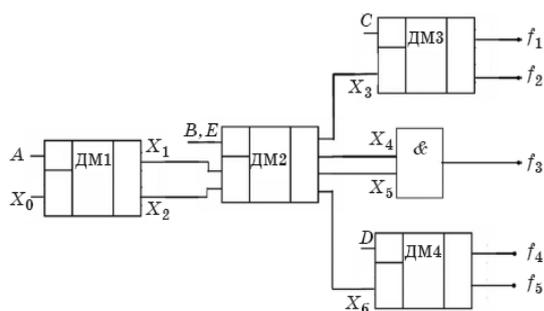
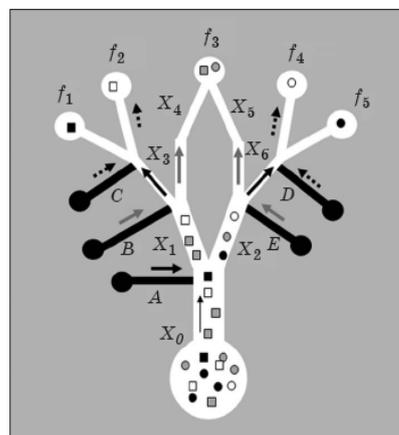


Рис. 2. многокаскадный элемент сепарации клеточных кластеров, содержащий три демultipлексора: ДМ1, ДМ3 и ДМ4 — 1: 2 и один ДМ2 — 2: 4, осуществляющий выделение диагностически важных клеточных кластеров четырех видов f_1, f_2, f_4, f_5 и фракцию неинформативных клеточных кластеров f_3

Признаки вводятся с помощью трех датчиков. Первый датчик (S_3 на рис.1) детектирует объект по акустическому отраженному сигналу. Второй - S_2 является “видеорегистратором” частиц для распознавания их образов, при сравнении с библиотечными данными. Последний датчик S_1 является оптическим, регистрирующим флуоресценцию кластеров. Пройдя все этапы детектирования можно выявить: вид бактерий и целевой адрес в микрофлюидной системе. Последнее осуществляется с помощью двух клапанов B.

Вторая система носит название “Многокаскадный элемент сепарации клеточных кластеров” (рис. 2). Ее принцип основан на ступенчатой селекции объектов по мере реализации каждого этапа детектирования.

Литература

1. Гвоздев Ю.А., Хафизов Р.А., Гаммадов Ш.М., Каблуков Д.Е., Соловьев А.В., Зимина Т.М., Кузнецова Н.В., Цветков Б.Н. Элементы микрогидравлической логики в лабораториях на чипе // Биотехносфера. 2013. №6/30. С. 2-16.

**УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ
ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ И
МИКРОПРОЦЕССОРОВ**

И. И. Акинина, Ю. А. Вареник

Пензенский государственный университет

В настоящее время бурно развиваются персональные компьютеры, сетевая и мобильная связь, высокоскоростные устройства передачи данных. Поэтому важной задачей системы образования страны является подготовка специалистов для отраслей промышленности данных направлений. Университеты России участвуют во множестве проектов, связанных с привлечением молодёжи к научно-техническому творчеству. Реализация действующих макетов и опытных образцов электронных устройств требует широкой компонентной и инструментальной базы, а также специальных знаний в области электроники. Изготовление опытных электронных конструкций из дискретных элементов и интегральных микросхем требует много времени у исследователя. В настоящее время существуют промышленно выпускаемые отладочные комплекты на основе микропроцессоров (МП) и ПЛИС (Development Kit), позволяющие строить макеты сложных устройств. Однако, во-первых, данные наборы в основном рассчитаны на профессиональных пользователей, способных не допускать ошибок проектирования фатальных для отладочного комплекта, во-вторых, для окончательной реализации проекта всё равно требуется изготовление электронных модулей, управляющих исполнительными устройствами, что требует времени и опыта у исследователя.

Разработанный универсальный учебно-исследовательский комплекс макетирования (рисунок 1) на базе МП и ПЛИС позволяет макетировать электронную начинку широкого круга устройств: 3D-принтеров, станков с программным управлением, роботов, элементов персональной электроники, интеллектуальных узлов энергосберегающих устройств, информационно-измерительных систем различного назначения, прочих автоматических устройств сложной структуры. Основу разработанного комплекса составляет материнская кросс-плата, в которую устанавливается модуль ПЛИС различной сложности. К кросс-плате с модулем ПЛИС подключаются раз-

личные модули расширения среди которых: светодиодная панель до 1024x768 точек, 8-клавишная клавиатура, знако- и графо-сигнализирующий ЖК-индикатор, модуль подключения LCD-монитора и компьютерной клавиатуры, модуль интерфейса SATA для высокоскоростной передачи данных, 4-х канальный драйвер шаговых двигателей, модуль оперативной памяти, три различных модуля микропроцессоров, модуль последовательных интерфейсов USB, SPI, I2C, модули микромеханического 3D- акселерометра, микромеханического магнитометра, синтезатора сигналов специальной формы и модуль формирователя электрического тока большой силы (например, для реализации проектов связанных с электрохимическими процессами).

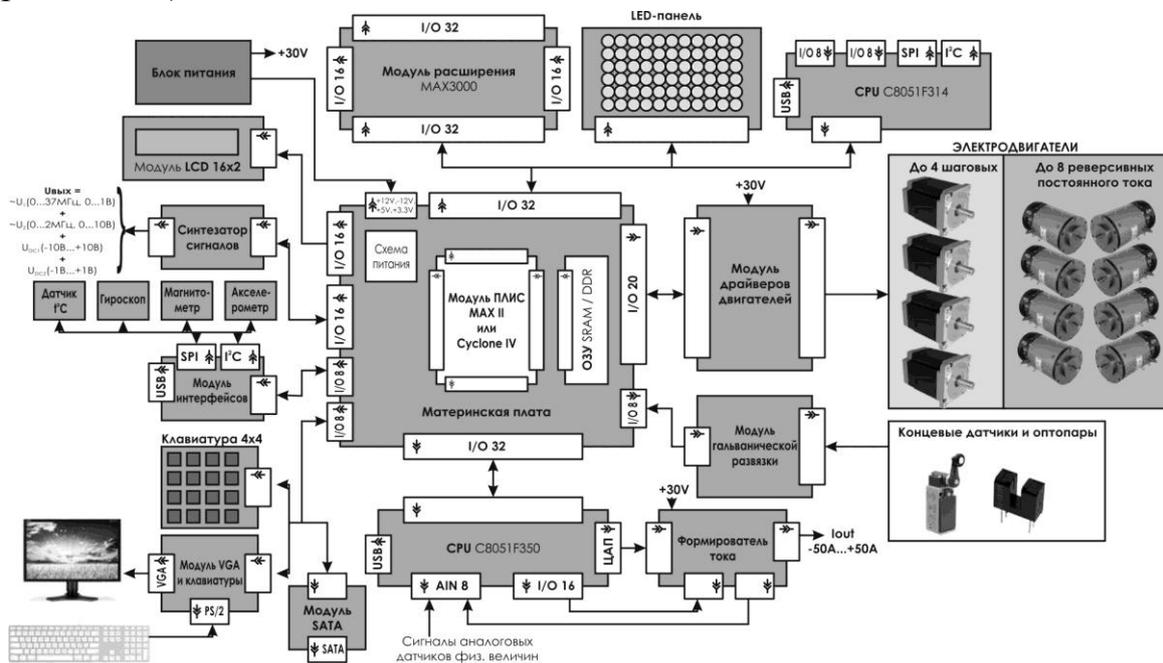


Рисунок 1 - Схема учебно-исследовательского комплекса ПЛИС.

Отличительными чертами конструкции и схемотехники комплекса являются: гибкость структурного наполнения макета (макет строится только из необходимых для проекта функциональных устройств из широкого ряда модулей, разработанных коллективом, исследователь только дополняет комплекс механической частью), устойчивость к ошибкам макетирования схемотехнического и программного характера, наличие прозрачных защитных кожухов и щитков, предотвращающих механическое повреждение элементов комплекса, при неосторожном обращении, защита от повреждения статическим электричеством.

Применение данного комплекса для решения проектно-конструкторских задач позволяет существенно повысить технический уровень и ускорить выполнение исследований молодых учёных ВУЗов. Данный комплекс позволяет организовывать множественные образовательные и научно-исследовательские работы в области микроэлектроники, электронной техники и автоматики: технические факультативы и кружки для учеников школ, подготовка и переподготовка специалистов, повышение квалификации специалистов предприятий, ускорение опытно-конструкторских работ молодых учёных Пензенского государственного университета.

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ НА ОСНОВЕ α -SiC

Е.С. Беспалов, А.Н. Головяшкин

Пензенский государственный университет

Тема термоэлектричества как источника энергии в связи с растущим энергопотреблением и проблемой рационального использования ресурсов стала чрезвычайно актуальной. Например, даже частичная утилизация тепла с помощью термоэлектрических преобразователей могла бы перекрыть общую мощность всех атомных электростанций [1]. С помощью термоэлектрических модулей (ТЭМ) возможно получение электрической энергии без загрязнения окружающей среды, электрификация удалённых и труднодоступных районов нашей страны. В настоящее время среднегодовой спрос мирового рынка электроэнергетики – это несколько миллионов термоэлектрических модулей, тогда как в перспективе он может достигать нескольких миллиардов [2].

На сегодняшнем этапе развития данного научно-конструкторского направления можно обозначить следующие проблемы:

1. коэффициент полезного действия термоэлектрического модуля слишком низок для того чтобы его применение стало с экономической точки зрения более рентабельным относительно традиционных способов получения электроэнергии;
2. достаточно высокая стоимость материалов используемых при производстве термоэлектрических модулей;
3. необходимость подбора полупроводниковых материалов с как можно более высоким коэффициентом термо-ЭДС;
4. большое содержание токсичных элементов (свинец, висмут, теллур, селен). Так сегодня наиболее распространённым полупроводниковым материалом, применяющимся при изготовлении термоэлектрических модулей, является теллурид висмута (Bi_2Te_3);
5. узкий температурный диапазон работы термоэлектрических преобразователей, обусловленный в первую очередь электрофизическими свойствами используемых полупроводниковых материалов.

Для решения этих задач целесообразно будет применение более широко зонного полупроводникового материала с достаточно высокой температурой истощения примеси и с высокой температурой плавления. Этим критериям отвечает полупроводниковый карбид кремния SiC [3]. Ширина

запрещённой зоны α -SiC $E_g=2.86$ эВ, а температура плавления $T_{пл}=3073$ К [4]. Недостаток карбида кремния при использовании его в качестве полупроводникового материала в ТЭМ состоит в его высокой теплопроводности порядка $4.9 \frac{\text{Вт}}{\text{см}\cdot\text{К}}$ [5,6]. Проведён расчёт основных электрофизических параметров термоэлектрического модуля на основе карбида кремния (рис.1). И для качественного и количественного сравнения так же были проведены аналогичные расчёты для ТЭМ на основе полупроводникового кремния (Si) (рис.2).

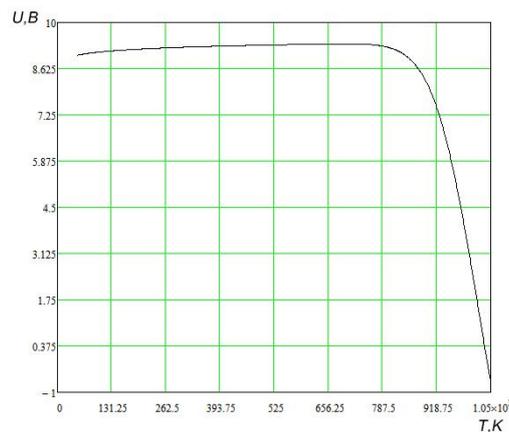


рисунок 1 – Расчетная зависимость термо-ЭДС ТЭМ на основе α -SiC от температуры в области истощения примеси

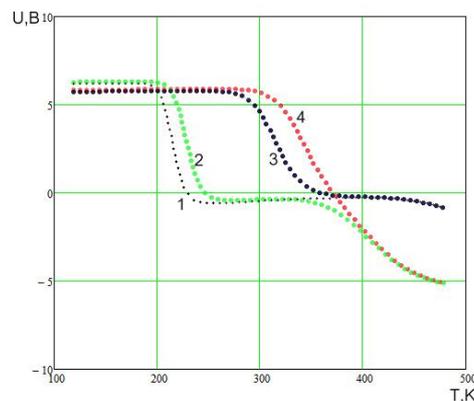


рисунок 2 – Расчетная зависимость термо-ЭДС ТЭМ от температуры на основе полупроводникового кремния:

1. донорной примеси $N_d=10^{15} \text{ см}^{-3}$, акцепторной примеси $N_a=10^5 \text{ см}^{-3}$;
2. донорной примеси $N_d=10^5 \text{ см}^{-3}$, акцепторной примеси $N_a=10^{14} \text{ см}^{-3}$;
3. донорной примеси $N_d=10^{15} \text{ см}^{-3}$, акцепторной примеси $N_a=10^{14} \text{ см}^{-3}$;
4. донорной примеси $N_d=10^{10} \text{ см}^{-3}$, акцепторной примеси $N_a=10^{14} \text{ см}^{-3}$.

Как видно графиков, термо-ЭДС на ТЭМ от температуры для кремния и карбида кремния величина генерируемого напряжения выше у ТЭМ на

основе α -SiC. Преимуществом ТЭМ на основе α -SiC также является более широкий диапазон рабочей температуры, на котором величина генерируемого напряжения довольно стабильна. Стоимость полупроводниковых термоэлектрических материалов составляет наибольшую часть в себестоимости термоэлектрических модулей [7]. По мере развития производства полупроводникового карбида кремния α -SiC его стоимость будет снижаться и его использование в ТЭМ станет более целесообразным и рентабельным. В настоящее время рассматривается возможность изготовления ТЭМ на основе карбида кремния из отбракованных пластин. Требования к исходным монокристаллам для ТЭМ гораздо ниже, чем для электронной компонентной базы. Поэтому изготовление ТЭМ, как параллельное производство, может оказаться не просто конкурентно способным, но и очень рентабельным.

Литература

1. А. В. Симкин, А. В. Бирюков, Н. И. Репников. Термоэлектричество № 3, с.86, 2013;
2. <http://sk.ru/termogeneratoriy-iz-skolkovo-budut-v-3-raza-effektivnee>;
3. Cheung, Rebecca Silicon carbide microelectromechanical systems for harsh environments. — Imperial College Press, 2006. — С. 3.;
4. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. Физические величины: справочник/ М., Энергоиздат, 1991.- 1232с.;
5. Muranaka, T. Superconductivity in carrier-doped silicon carbide : free download. — Sci. Technol. Adv. Mater., 2008;
6. Bunsell, A. R.; Piant, A. A review of the development of three generations of small diameter silicon carbide fibres // Journal of Materials Science. — 2006. — С. 823;
7. N. Ohtani, T. Fujimoto, T. Aigo, M. Katsuno, H. Tsuge, H. Yashiro Large high-quality silicon carbide substrates // Nippon Steel Technical Report no. 84. — 2001.

АДАПТИВНЫЕ АНТЕННЫ ДЛЯ СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНОВ

А. Д. Григорьев, Б. А. Джалилов

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

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.

Для минимизации размеров антенны и обеспечения работы телефона в нескольких диапазонах предложено использовать перестройку антенны по частоте. Антенна должна иметь высокий КПД и низкий уровень мощности, поглощаемой телом пользователя.

Для перестройки рабочей частоты антенны можно использовать *p-i-n* диодные переключатели, варакторы или электромеханические переключатели (MEMS). В данной работе рассматривается перестройка рабочих частот адаптивных антенн с помощью перестраиваемого переменного конденсатора типа PE2304. Моделирование проводилось на упрощенной модели телефона с помощью программы RFS, использующей метод векторных конечных элементов [1]. Использовалась двухдиапазонная антенна типа PIFA (рис. 1). Конденсатор задавался своей эквивалентной схемой, содержащей 10 сосредоточенных элементов – резисторов, конденсаторов и индукторов. Значения параметров этих элементов определяются состоянием устройства, которое может принимать значения от 0 до 32. Эти сосредоточенные элементы вводились в конечно-элементную сетку. Общее число тетраэдров сетки составляло около 50000. В режиме параметрического анализа проводился расчет для четырех состояний конденсатора, соответствующих четырем низкочастотным диапазонам работы телефона.

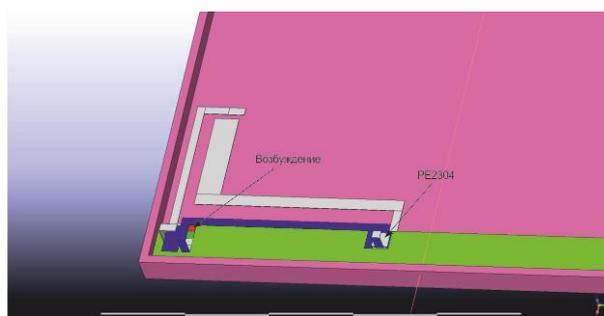
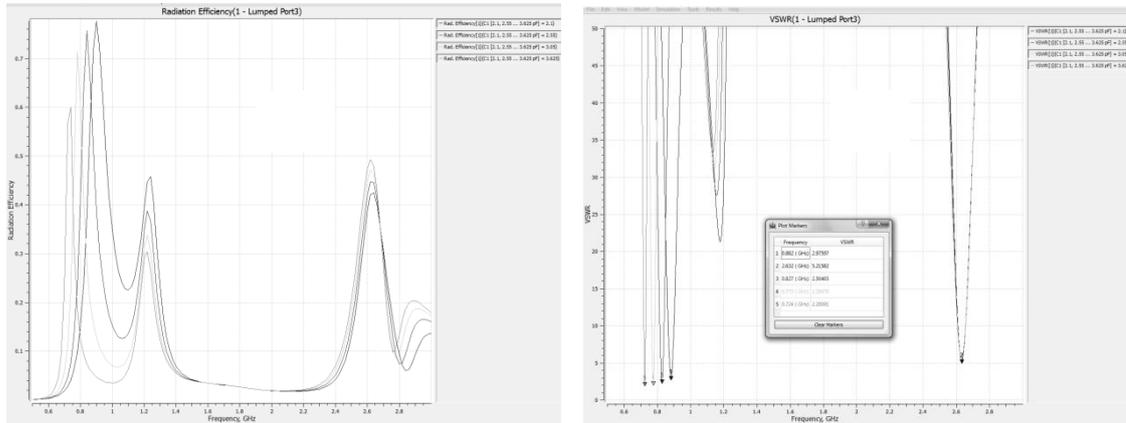


Рис. 1. Антенна сотового телефона

При этом высокочастотный диапазон должен сохранять свое положение на оси частот.



б)

Результаты моделирования представлены на рис. 2 для состояний 0, 6, 18 и 25. Они показали, что подбором состояний переменного конденсатора можно достичь переключения между частотами 724, 775, 827, 892 МГц, что соответствует заданным частотам LTE. Положение полосы частот вблизи и 2632 МГц при такой перестройке практически не меняется. КСВ в низкочастотных диапазонах < 3 а в высокочастотном составляет 5,2. Ширина полосы достигает до 80-120 МГц (Рис.2).

КПД антенны увеличивается с ростом частоты от 60 % до 78% в области низких частот, и до 48% на высоких частотах. В дальнейшем предполагается расширить полосы пропускания низкочастотных диапазонов и улучшить согласование в высокочастотном диапазоне за счет подключения согласующих цепей.

Литература

1. Григорьев А.Д. Методы вычислительной электродинамики. М.: Физматлит, 2012.

ЭФФЕКТ БЛИЗОСТИ В ГИБРИДНОЙ СТРУКТУРЕ ФЕРРОМАГ- НЕТИК–ПОЛУПРОВОДНИК

И. В. Калитухо^{1,2}, И. А. Акимов^{1,3}, В. Л. Корнев¹

¹*Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе*

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

³*Университет Дортмунда*

Современный интерес к спиновым явлениям вызван идеей использования спиновых степеней свободы в устройствах хранения и обработки информации. Полупроводниковая спинтроника призвана интегрировать магнетизм в полупроводниковую архитектуру компьютеров. Возможным путем объединения магнитной памяти и полупроводниковой логики является разработка устройств на основе гибридных структур ферромагнетик–полупроводник (ФМ–ПП) [1], которые играли бы роль как логики, так и памяти, и могли бы изготавливаться в рамках одной технологии. В такой гибридной структуре возникает сильное взаимодействие спиновых систем ферромагнетика и полупроводника – эффект близости. Магнитные свойства объединенной спиновой системы сильно отличаются от магнитных свойств пленки ферромагнетика [2]. Для использования гибридных структур необходимо детально изучить и объяснить их свойства, а также найти такое сочетание ферромагнетика и полупроводника, качества которого будут оптимальны.

Цель данной работы – поиск эффекта близости и исследование связанных с ним свойств гибридной структуры ФМ–ПП Co/CdMgTe/CdTe/CdMgTe/GaAs. Толщина пленки кобальта 5 нм; толщина барьера между кобальтом и квантовой ямой (КЯ) непрерывно меняется от 5 до 15 нм на 5 см длины образца; толщина КЯ 10 нм.

Измерялась степень циркулярной поляризации фотолюминесценции методом поляризационной спектроскопии при намагничивании образца в геометрии Фарадея.

Полученная зависимость степени циркулярной поляризации ФЛ из КЯ (рис. 1 – красная кривая) от внешнего магнитного поля демонстрирует нелинейный рост с насыщением в поле 40 мТл, тогда как в полупроводнике без ферромагнетика намагниченность отдельных носителей заряда мала и линейна по магнитному полю. Данный вид зависимости свидетельствует о

взаимодействии спиновых систем в структуре ФМ–ПП, т. е. об эффекте близости. Петли гистерезиса в эксперименте не наблюдается. Зависимость степени циркулярной поляризации ФЛ из подложки GaAs от внешнего магнитного поля (рис. 1 – синяя кривая) говорит о том, что наблюдаемый эффект не является следствием циркулярного дихроизма, что также доказывает эксперимент с модуляцией поляризации в канале возбуждения.

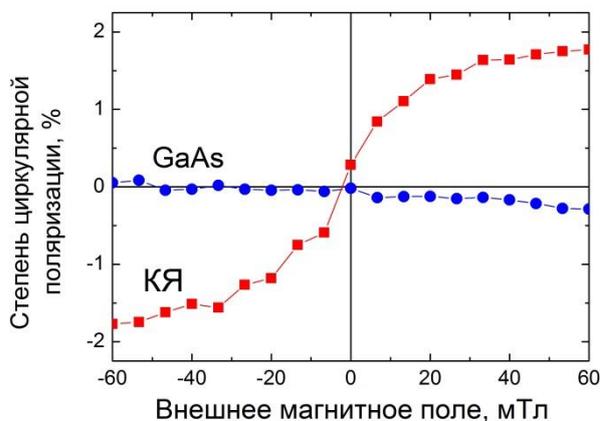


Рисунок 1. Кривые намагниченности.

Степень циркулярной поляризации в насыщении слабо зависит от толщины барьера между кобальтом и КЯ в диапазоне от 5 до 10 нм. Это говорит о том, что характерный масштаб эффекта близости превышает 10 нм. Эффект близости ослабевает с увеличением температуры и пропадает при 30 К. В диапазоне мощностей накачки от 2 до 34 мВт зависимости степени циркулярной поляризации от внешнего магнитного поля имеют одинаковую форму. Следовательно, мощность накачки и температура влияют на спиновую систему полупроводника, но не влияют на магнитные свойства ферромагнетика.

Таким образом, в гибридной структуре ФМ–ПП с кобальтом и квантовой ямой на основе CdTe наблюдается дальнедействующий (больше 10 нм) эффект близости. С помощью структуры такого типа можно оптически считывать намагниченность нанометровых ферромагнитных пленок.

Литература

1. Zakharchenya B P, Korenev V L "Integrating magnetism into semiconductor electronics" *Phys. Usp.* 48 603–608 (2005)
2. Korenev, V. L. et al. Dynamic spin polarization by orientation-dependent separation in a ferromagnet–semiconductor hybrid. *Nat. Commun.* 3 959 (2012)

О ПРОБЛЕМЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЦВЕТА МЕДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Д. С. Прокуратов, В. А. Парфенов

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

В настоящее время технология лазерной очистки активно используется музейными лабораториями различных стран, в том числе в музеях России. Процессы взаимодействия лазерного излучения с каменными поверхностями достаточно подробно изучены. Что касается памятников из металлов, то до сих пор остается ряд нерешенных проблем, например, изменение цвета поверхности металла в результате лазерной обработки. Изучению этого эффекта и была посвящена наша работа.

В качестве объектов исследований были выбраны медь и сплавы на её основе – латунь и бронза, поскольку именно эти материалы являются основой для большинства прикладных объектов культурно-исторического наследия, от монет до монументальных скульптур.

В процессе работы с медью было отмечено, что в результате лазерной обработки её поверхность может покрываться пленкой серо-фиолетового цвета. Причем, при повторной обработке или дальнейшем увеличении плотности мощности рабочего излучения, этот цвет становится более насыщенным [1].

Похожий эффект отмечался в работах некоторых зарубежных исследовательских групп, однако, в научной литературе нет однозначного ответа о причине наблюдаемого явления. Большинство авторов склоняется к версии, что в результате облучения, и, соответственно, нагревания медьсодержащего материала на его поверхности образуется оксид меди (I) – куприт, имеющий коричнево-красный цвет. При последующем нагревании происходит химическая реакция по частичному преобразованию куприта в тенорит, или оксид меди (II), который уже имеет серый цвет. Преобладание тенорита в составе поверхностных соединений и обуславливает изменение цвета обрабатываемой поверхности [2-3].

Исследования, проведенные нами при помощи метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) подтвердили образование тено-

рита на поверхности медных образцов. С учетом полученного результата было принято решение разработать такую методику лазерной очистки, которая бы позволила исключить образование тенорита. Для этого воздушная среда была заменена азотной. Проведенный эксперимент подтвердил, что в этом случае оксидные пленки на медной поверхности не образуются. Данный вывод основан на результатах исследований, выполненных с помощью РФЭС и Рамановской спектроскопии.

Литература

1. Прокуратов Д. С., Парфенов В. А. Лазерная очистка металлических поверхностей. Сборник трудов "Первой конференции молодых ученых «Будущее оптики» для молодых специалистов, кандидатов наук, аспирантов и студентов оптической отрасли и смежных дисциплин из Санкт-Петербурга и Ленинградской области" (2-4 апреля 2012, Государственный Оптический Институт им С. И. Вавилова. Санкт-Петербург), Изд-во "Университетские коммуникации", с. 59-62
2. Korenberg C., Baldwin A. Laser Cleaning Tests on Archaeological Copper Alloys Using an ND:YAG Laser. *Laser Chemistry*, Volume 2006, Article ID 75831.
3. Froidevaux M., Platt P., Cooper M., Watkins K. Laser interactions with copper, copper alloys and their corrosion products used in outdoor sculpture in the United Kingdom. *Lasers in the Conservation of Artworks. Proceedings of the international conference LACONA VII, Madrid, Spain, 17–21 September 2007*, p 277-284.
4. Д.С.Прокуратов, В.А.Парфенов, Н.В.Лыткин. Физико-химические аспекты лазерной очистки медных поверхностей. Неделя науки СПбГПУ: материалы научно-практической конференции с международным участием. Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникаций СПбГПУ. Ч. 1. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. –с. 78-80.

ОПТИМИЗАЦИЯ СХЕМЫ ФОРМИРОВАТЕЛЯ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ НАПРЯЖЕНИЯ НА КАРБИДО-КРЕМНИЕВОМ ДРЕЙФОВОМ ДИОДЕ С РЕЗКИМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ

А. А. Смирнов

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

Дрейфовые диоды с резким восстановлением (ДДРВ) используются как полупроводниковые ключи размыкающего типа, позволяющие формировать нано- и субнаносекундные импульсы напряжения. Для улучшения коммутационных характеристик ДДРВ (скорости срабатывания, величины переключаемого напряжения, частоты следования выходных импульсов) целесообразно использовать новые полупроводниковые материалы, например, карбид кремния политипа 4Н. В работе [1] была показана возможность переключения карбиδο-кремниевыми ДДРВ наносекундных импульсов напряжения величиной один киловольт в структуре генератора импульсов. Повышение амплитуды и скорости нарастания dU/dt , формируемых на нагрузке импульсов возможно, во-первых, соединением ДДРВ последовательно в высоковольтную сборку, а во-вторых, используя последовательную компрессию импульсов напряжения несколькими каскадами ДДРВ, включенными параллельно.

Для проверки данных предположений было проведено схемотехническое моделирование в программе MicroCap. Была создана SPICE-модель карбиδο-кремниевого дрейфового диода с резким восстановлением, параметры которой частично были взяты из работы [1], другие подбирались в процессе моделирования согласно полученным ранее экспериментальным данным [2].

Параметры моделируемой схемы генератора импульсов напряжения следующие – величина импульсов напряжения, формируемых на пятидесятиомной нагрузке ($U_R = 3$ кВ), длительность на полуширине ($t_n = 1,5$ нс) и частота следования импульсов ($f_n = 1000$ кГц).

Для обеспечения оптимального тока накачки ДДРВ-ключей, равного $I_m = 120$ А, было использовано два каскада первичных ключей на основе быстродействующих MOSFET-транзисторов, включенных параллельно. Длительности накачки ДДРВ выбиралась в пределах $T_{нак} = 50...70$ нс.

В первом каскаде компрессии в качестве ДДРВ-ключа была использована SPICE-модель диода, способного коммутировать напряжение 1500 В и представляющего собой структуру p^+p-n^+ -структуру, с толщиной базы 15 мкм, уровнем легирования $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Толщина сильнолегированного p^+ -слоя составила 1,5 мкм с концентрацией акцепторов $1 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Толщина сильнолегированного n^+ -слоя – 3 мкм с концентрацией доноров $3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Во втором каскаде компрессии использовался коммутатор, состоящий из двух последовательно соединенных диодов, аналогичных диоду первого каскада.

Результаты моделирования схемы формирователя наносекундных импульсов напряжения представлены на рисунке 1.

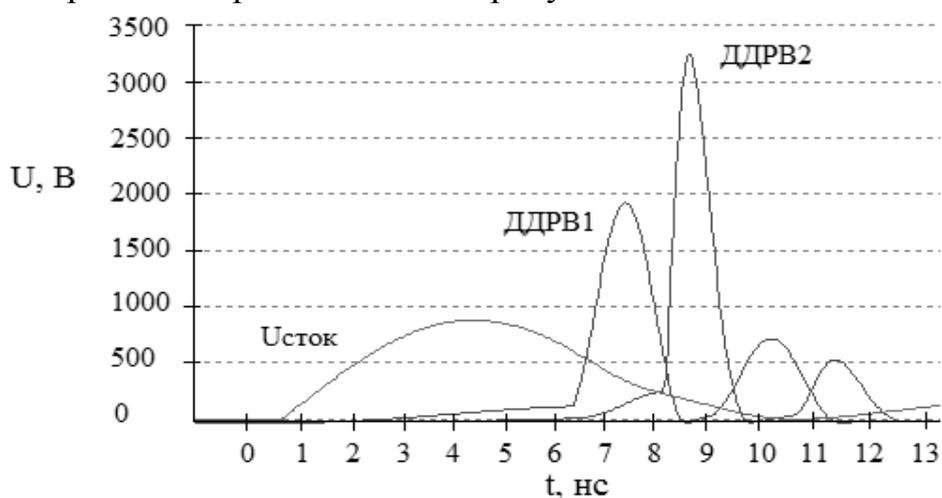


Рисунок 1. Импульсы напряжения на первом и втором 4H-SiC-ДДРВ.

Из рисунка видно, что происходит последовательная компрессия энергии, получаемой от источника питания – импульс напряжения, формируемый MOSFET-ключом сжимается по длительности первым каскадом ДДРВ с 25 нс до 5 нс, при этом амплитуда возрастает с 500 В до 1500 В. Второй каскад ДДРВ за счет меньшей резонансной частоты по сравнению с первым каскадом сжимает импульс напряжения до 1 нс и увеличивает амплитуду до 3000 В.

Таким образом, моделирование схемы генератора импульсов напряжения на основе созданной SPICE-модели ДДРВ-ключей в среде MicroCap показало принципиальную возможность использования нескольких каскадов с 4H-SiC-диодами для последовательного сжатия энергии формируемых импульсов и, как следствие, увеличения скорости нарастания коммутируемого напряжения и увеличения амплитуды генерируемых импульсов.

Литература

1. Афанасьев А. В., Иванов Б. В., Ильин В. А., Кардо-Сысоев А. Ф., Лучинин В. В., Смирнов А. А. Анализ эффективности 4H-SiC дрейфового диода с резким восстановлением в схеме генератора сверхкоротких импульсов // II Всероссийская научно-техническая конференция “Электроника и микроэлектроника СВЧ”: Сборник трудов. - Санкт-Петербург, 2013.
2. Афанасьев А. В., Демин Ю. А., Иванов Б. В., Ильин В. А., Кардо-Сысоев А. Ф., Лучинин В. В., Смирнов А. А. Высоковольтный миниатюрный карбидокремниевый источник наносекундных импульсов для генерации рентгеновского и микроволнового излучений // Нано- и микросистемная техника. – 2013. – №2. – С.30 - 32.

РЕНТГЕНОВСКАЯ ТРУБКА С ФОТОКАТОДОМ

Г. А. Тимофеев, Н. Н. Потрахов

ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед»

Одним из перспективных способов создания управляемого источника рентгеновского излучения является использование рентгеновской трубки с фотоэмиссионным катодом (ФРТ). С ее помощью регулировку интенсивности рентгеновского излучения возможно осуществлять путем изменения величины светового потока, падающего на фотокатод ФЭУ, входящий в конструкцию трубки. В качестве источника света могут применяться светодиод, лампа или любой другой источник. Применение разных материалов фотокатода ФЭУ позволяет получать рентгеновские трубки с управлением световым потоком в различных диапазонах спектра входного излучения от УФ до ближнего ИК.

Рентгеновская трубка с фотоэмиссионным катодом является более быстродействующим аналогом трубки с сеточным каналом. Был проведен ряд экспериментов, в ходе которых получены частотные характеристики ФРТ, намного превосходящие характеристики других видов трубок с возможностью управления рентгеновским излучением. Так как рентгеновская трубка с холодным фотоэмиссионным катодом почти безинерционна и в импульсном режиме обеспечивает 100% модуляцию в диапазоне частот от 100Гц до 1МГц, то существует возможность модуляции выходного излучения в данном диапазоне с помощью, например, обычного светодиода. ФРТ может применяться в аппаратуре для рентгеноструктурного и рентгеноспектрального анализа, а также в приборах специального назначения. Одним из перспективных способов применения такой трубки может служить пример передачи информации посредством рентгеновского излучения. На базе организации ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед» был собран прототип такого устройства. Возможна передача как аналогового, так и цифрового сигнала. Основной целью такого изобретения является повышение помехозащищенности и скрытности передачи информации.

УСТРОЙСТВО ТЕРМОРЕГУЛИРОВАНИЯ БЛОКА НАКАЧКИ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ЛАЗЕРОВ НА БАЗЕ ФУНКЦИЙ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

В. И. Фоминых, И. В. Киселев, А. В. Борисов

Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина

Задача поддержания заданной температуры является актуальной в различных технических системах. Существующие системы автоматического управления (САУ), к которым относятся: релейные, линейные, нелинейные, а также адаптивные регуляторы, принято относить к традиционным системам управления.

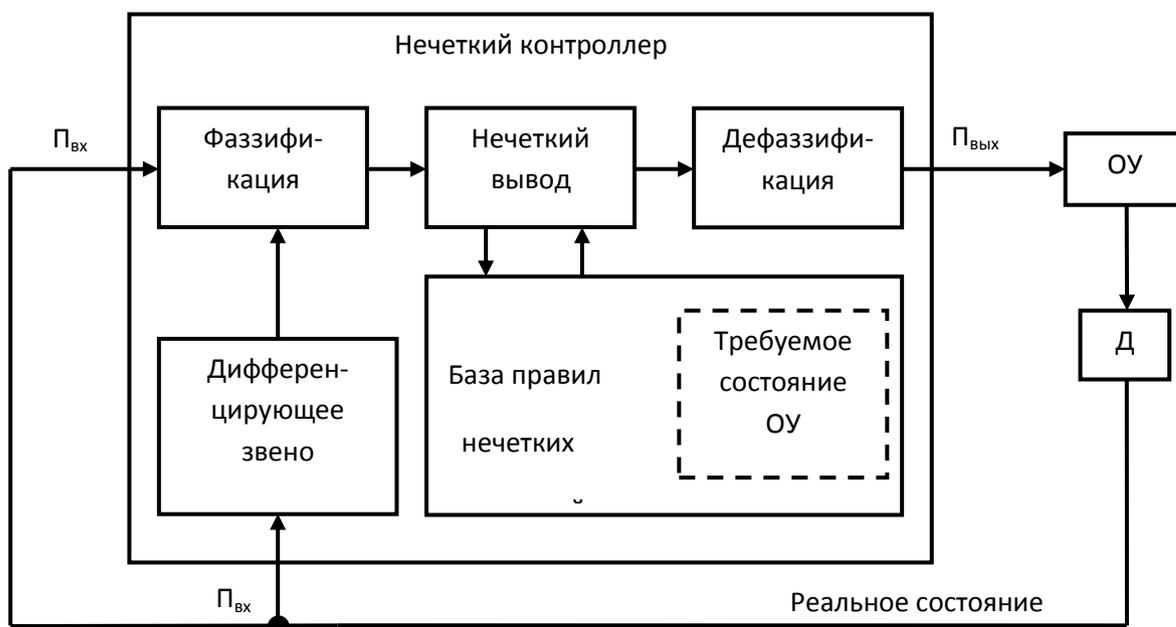
Регуляторы, основанные на данных принципах, не всегда позволяют спроектировать автоматические системы, удовлетворяющие заложенным требованиям. Это обуславливается невозможностью определения всех состояний объекта регулирования, к тому же в принципе работы некоторых из них заложено сложное математическое моделирование и прогнозирование, что сделать крайне сложно, опираясь лишь на классическую теорию автоматического регулирования. В процессе вычислений математического аппарата приходится выстраивать алгоритм, строго опирающийся на классическую (бинарную) логику. Такая логика не может оперировать с нечетко очерченными понятиями, поскольку все высказывания в логических системах могут иметь только два взаимоисключающих состояния: “истина” и “ложь”.

В РФЯЦ-ВНИИТФ ведется разработка автоматического устройства терморегулирования, алгоритм работы которого реализован на функциях нечеткой логики (ФНЛ) с применением алгоритма Мамдани. Структурная схема САУ на базе ФНЛ представлена на рисунке 1.

В САПР проведено моделирование разрабатываемой САУ на базе ФНЛ. Для подтверждения результатов моделирования разработан макет проектируемого устройства, в котором применена современная элементная база российского производства.

В процессе макетирования удалось подтвердить результаты, полученные на этапе моделирования. В настоящее время разрабатываемый макет-

ный образец проходит испытание в составе системы терморегулирования блока накачки твердотельных лазеров для подтверждения возможности поддержания заданного уровня температуры объекта управления, а также энергопотребления, требуемого для применяемого алгоритма ФНЛ.



$P_{вх}$ – входные переменные, отражающие состояние объекта управления
 $P_{вых}$ – выходные переменные, определяющие воздействие на ОУ;
 ОУ – объект управления;
 Д – датчик.

Рисунок 1 – Структурная схема САУ на базе ФНЛ

Литература

1. Усков А.А., Круглов В.В. Интеллектуальные системы управления на основе методов нечеткой логики. – Смоленск: 2003 – 177 с.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.

**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ
САМООРГАНИЗАЦИИ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОСТРУКТУР**

*А. В. Алпатов, С. П. Вихров, Н. В. Вишняков, С. М. Мурсалов, Н. Б. Рыбин,
Н. В. Рыбина*

Рязанский государственный радиотехнический университет

Успешное развитие технологии самоорганизованных структур неразрывно связано с методами исследования корреляционных свойств наноструктур и наноматериалов. В работе представлен комплексный подход к исследованию корреляционных свойств самоорганизованных структур – метод двухмерного флуктуационного анализа с исключенным трендом [1] совместно с методом средней взаимной информации [2]. Объект изучения – структура (шероховатость) поверхности, которую достаточно легко на наноуровне определять экспериментально с высокой достоверностью с помощью методов зондовой микроскопии. Для этого синтезированы модельные поверхности различной степени упорядоченности (упорядоченные, неупорядоченные, смешанные). Физический размер поверхностей задан 1×1 мкм при размере в пикселях 512×512 . Максимальная высота выступов выбрана равной 7 нм. В таблице приведены описание тестовых поверхностей и результаты обработки методом двухмерного флуктуационного анализа с исключенным трендом (two-dimensional detrended fluctuation analysis, 2D DFA) и методом средней взаимной информации (СВИ). Метод 2D DFA позволяет определить корреляционный вектор d , показывающий величину периодичности в структуре, и скейлинговый показатель α , отражающий тип корреляций в структуре. В методе СВИ определяется предсказуемость того, насколько точно совпадают параметры точек массива данных (т.е. высоты шероховатостей поверхностей) при определенном векторе сканирования (значение средней взаимной информации), и информационная емкость системы (максимальная взаимная информация – МВИ). На тестовых структурах было продемонстрировано, что корреляционные векторы, определенные с помощью метода 2D DFA, достаточно точно совпадают с заданными периодами гармонических составляющих

поверхности. Метод средней взаимной информации целесообразнее использовать для неупорядоченных структур.

Применение комплексного метода позволяет наиболее всесторонне исследовать корреляционные параметры смешанных структур. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, с использованием оборудования Регионального центра зондовой микроскопии коллективного пользования (РЗЦМкп) при Рязанском государственном радиотехническом университете.

Таблица. Параметры тестовых структур, определенных с помощью методов СВИ и 2D DFA

Описание поверхности	МВИ	СВИ	α	d , нм
Синусоидальные поверхности				
период $T=333$ нм	0.727	0.126	2; 0	332
период $T/4=84$ нм	0.730	0.129	2; 0	83
периоды $T/2+T/4$	0.672	0.079	2; 0.7; 0	170; 84
Поверхности «Конусы»				
период 104 нм	0.243	0.020	1.75; 0	111
период 78 нм	0.355	0.035	1.75; 0	84
период 62 нм	0.553	0.058	1.63; 0.13	59
Поверхности «Кубы»				
период 115 нм	0.101	0.004	1.64; 0	106
период 80 нм	0.167	0.008	1.75; 0	78
период 58 нм	0.278	0.014	1.9; 0	59
Хаотические поверхности:				
«гауссов шум»	0.542	0.002	0.5	-
«белый шум»	0.752	0.001	0.5	-
Поверхность смешанного типа				
«гауссов шум + синусоида» с периодом $T/2$	0.542	0.009	1.1; 0.1	195

Литература

1. Алпатов А.В., Вихров С.П., Гришанкина Н.В. Выявление корреляций поверхностного интерфейса пленок a-Si:H методом двумерного флуктуационного анализа // ФТП. 2013. Т. 47. Вып. 3. С. 340-347.
2. Вихров С.П., Авачева Т.Г., Бодягин Н.В. и др. Установление степени упорядочения структуры материалов на основе расчета информационно-корреляционных характеристик // ФТП. 2012. Т. 46. Вып. 4. С. 433-438.

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ N-МЕТИЛ-1-[(4-БРОМ-3,5-ДИМЕТИЛ-1Н-ПИРАЗОЛ-1)-ФЕНИЛ]-ФУЛЛЕРЕН-С₆₀-[1,9]-ПИРРОЛИДИНА

А. Е. Аринова¹, С. Д. Фазылов¹, О. А. Нуркенов¹, А. Ж. Исаева¹, Д. А. Афанасьев²

¹Институт органического синтеза и углехимии Республики Казахстан

²Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова

Синтез производных фуллерена с теми или иными полезными свойствами каждый раз ставит перед исследователями конкретные структурные задачи. В данной работе нами осуществлен синтез и проведено изучение структурных особенностей нового фуллеропирролидина (II) - N-метил-1-[(4-бром-3,5-диметил-1Н-пиразол-1)-фенил]-фуллерен-С₆₀-[1,9]-пирролидина (II). Реакцию синтеза (II) осуществляли взаимодействием фуллерена С₆₀ с саркозином и 4-(4-бром-3,5-диметил-1Н-пиразол-1-ил)бензальдегидом (I), который был получен и описан нами в [1]. Продукт реакции выделили методом колоночной хроматографии на SiO₂ элюируя толуолом с выходом 88%.

Строение полученного соединения (II) установлено данными ИК-, ЯМР ¹H, ¹³C, COSY (¹H-¹H), HSQC (¹H-¹³C), HMBC (¹H-¹³C)-спектроскопии и масс-спектрометрии. В спектре ЯМР¹H соединения (II) в области сильного поля наблюдаются синглетные сигналы Н-18 (2,336 м.д.), Н-20 (2,303 м.д.) и Н-6 (2,861 м.д.) метильных групп. Сигналы при 4,319-4,338 и 5,034-5,053 м.д. отвечают протонам третичного и вторичного атомов С-2 и С-5 насыщенного гетероцикла. В области высоких частот (7,513-7,672 м.д., 7,955-8,017 м.д.) в виде дублетов резонируют эквивалентные протоны Н-9 и Н-11, Н-8 и Н-12 ароматической системы. Для атомов углерода СН₃-групп в спектре ЯМР¹³C характерно проявление сигналов при 12,070 (С-20), 12,429 (С-18) и 40,062 (С-6) м.д. Анализ двумерного спектра HSQC (¹H-¹³C) позволил определить спин-спиновые взаимодействия (ССВ) гетероядерной природы через одну связь. На спектре отмечены шесть корреля-

ций, указывающие на ССВ атомов Н-18 и С-18, Н-20 и С-20, Н-6 и С-6, Н-2 и С-2, Н-5 и С-5, Н-9 и С-9, Н-11 и С-11, Н-8 и С-8, Н-12 и С-12.

Получены электронно-микроскопические снимки и характеристические рентгеновские спектры элементного состава с использованием растрового электронного микроскопа «TESCAN Mira-3». При большом увеличении наблюдаются микрочастицы вытянутой гантелеобразной формы с размерами порядка 1 мкм. (рис.). Поверхность этих частиц гладкая. Так же присутствуют более крупные частицы с шероховатой поверхностью, размерами в несколько микрон.

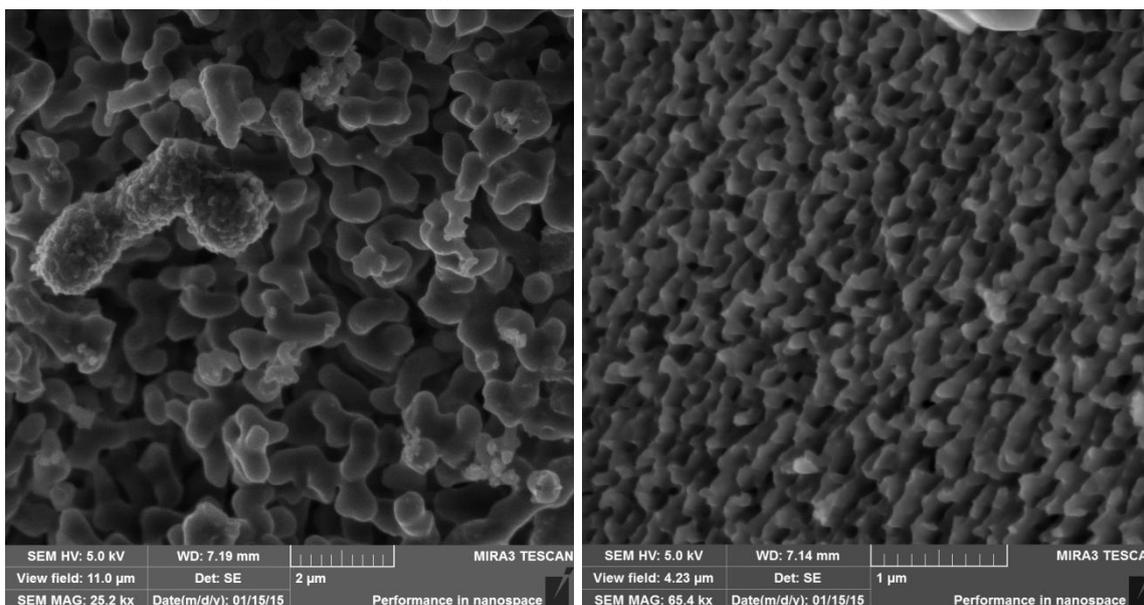


Рис. РЭМ изображения соед. (II) (увеличение от $\times 25200$ до $\times 65400$)

Сравнение атомных (At, %) и массовых (G, %) концентраций элементов на различных элементарных участках исследуемых объектов показывает, что образцы химически микрооднородны, количественный состав элементов соответствует химическому составу (II).

Литература

1. Фазылов С.Д., Нуркенов О.А., Аринова А.Е., Сатпаева Ж.Б. Синтез, строение и гидразинолиз 4-(4-бром-3,5-диметил-1Н-пиразол-1-ил)бензальдегида // Журн. общ. химии. 2014. Т.84. Вып.12. С.2059-2060.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ КАТОДА УСТАНОВКИ ДЛЯ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ В ИМПУЛЬСНОМ РАЗРЯДЕ

А. А. Архипов, С. А. Калинин, М. В. Шимусюк, Р. В. Яшкардин

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

В УНЛ «Импульсные электротехнологии» СПбГЭТУ создан экспериментальный вариант установки для получения ультрадисперсных частиц в импульсном дуговом разряде, переменяющимся по поверхности протяженных электродов. В процессе работы этой установки предварительно накопленная в конденсаторной батарее энергия (1-2 кДж) выделяется в разряде за относительно малый (10^{-4} с) промежуток времени. В результате – мощность, выделяемая в разряде достигает значений нескольких десятков МВт. Воздействие части этой мощности на поверхность электродов приводит к их нагреву, оплавлению, испарению и диспергированию (образованию микрокапель) материала электродов. При этом разряд горит в парах материала электродов при давлениях в десятки раз превышающих атмосферное. В зависимости от параметров установки (ёмкости конденсаторной батареи, напряжения её заряда, геометрических параметров и т.д.), с её помощью можно получить частицы самого разного размера (от 10 нм до 1-2 мкм).

Цель представленной работы – исследовать механизм формирования микрокапель на поверхности электродов установки для получения ультрадисперсных частиц в импульсном дуговом разряде, переменяющимся по поверхности протяженных электродов.

Собственно процесс образования микро капель на поверхности электродов очень сложно исследовать экспериментально вследствие их малого размера (меньше 2 мкм), высокой температуры самих капель и плазмы, которая их окружает, быстрого их движения.

Поэтому мы выбрали «косвенный» путь исследований. Дело в том, что процессы на электродах происходят очень быстро. Оценочное время воздействия плазмы на единицу поверхности электрода менее 10^{-5} с. Скорость роста температуры поверхности электродов 3-5 10^8 град в с. Скорость охлаждения поверхности лишь на порядок меньше. Подобные скорости охлаждения должны привести к тому, что часть микрокапель

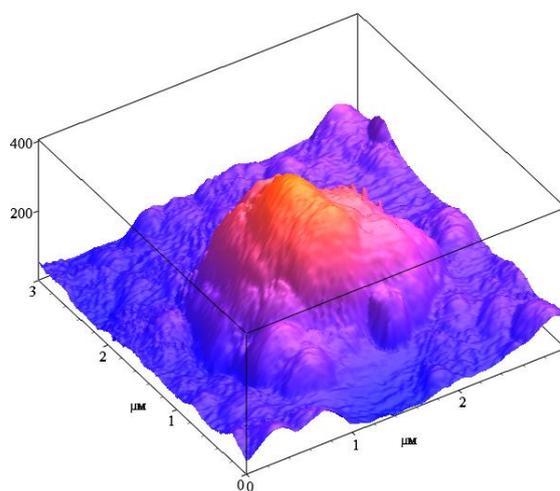
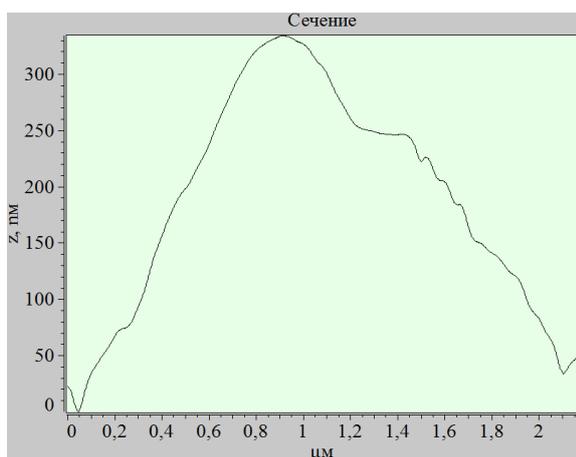
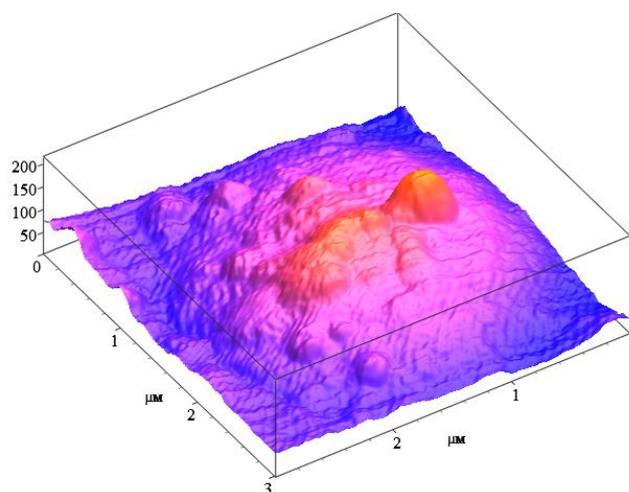
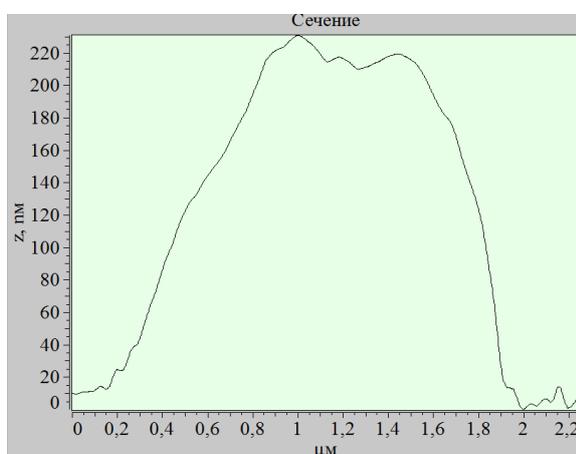
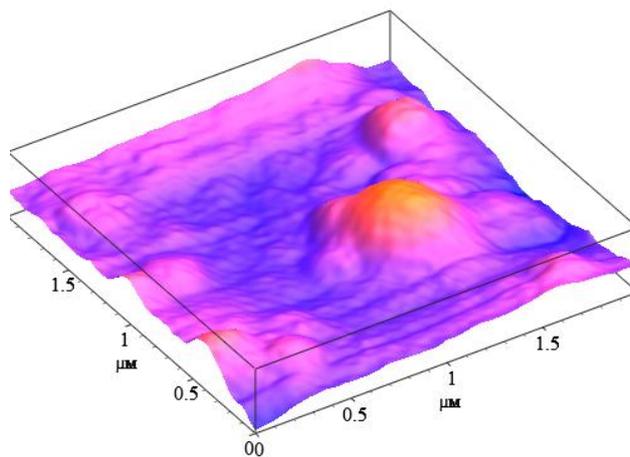
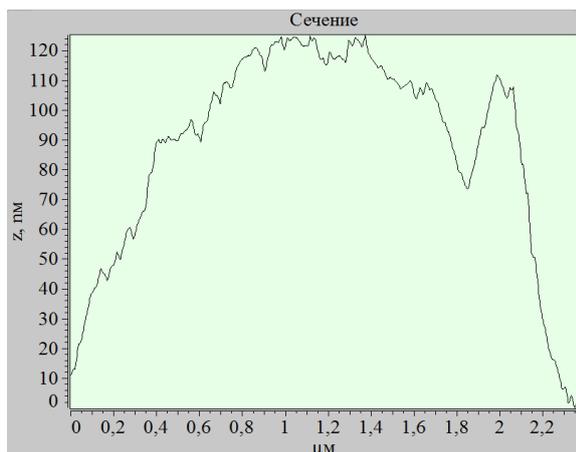


Рисунок 1.

Рисунок 2

оказывается «замороженной» в процессе своего роста. И исследование поверхности электродов позволяет найти капли, которые находятся на раз-

ных стадиях своего развития, и, тем самым, проследить динамику роста капли на поверхности электрода.

Информация была получена путём обработки АСМ изображений поверхности катодов и анодов установки. Произвольным образом выбирались 6 участков электродов. Сканирование на начальном разрешении 100 на 100 мкм позволило выбрать типичные участки поверхности. Каждый из этих участков содержал несколько десятков «замороженных» на разных стадиях роста капель. В дальнейшем, выбранные участки (от 2 до 4) сканировались при разрешении 25 на 25, 10 на 10 и 5 на 5 мкм.

Подобный подход позволил нам сформировать типичную картину для роста крупных (порядка 0.5 мкм) капель, которая приведена на рисунке 1 и 2.

МОДЕЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПЕРКОЛЯЦИОННЫХ КЛАСТЕРАХ

А. А. Бобков¹, В. А. Мошников¹, С. С. Налимова¹, Б. И. Селезнев²

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

²*Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого*

В настоящее время полупроводниковые адсорбционные сенсоры на основе оксидов металлов привлекают большое внимание исследователей и находят применение в различных областях: экологическом мониторинге, горном деле, в медицинской не инвазивной диагностике и других областях. При изготовлении сенсорных слоев активно используются методы золь-гель технологии и химического соосаждения. Прежде всего, широкое применение данного вида сенсоров, обусловлено их преимуществами, такими как низкая стоимость и коммерческая доступность.

Основными недостатками металлооксидных сенсоров являются отсутствие селективности и малое значение газочувствительности. Основным методом для преодоления данных недостатков является легирование сенсорного слоя различными примесями, а также, сочетание на поверхности активного слоя центров, отвечающих за адсорбцию и активное окисление детектируемого газа.

Другой путь, позволяющий многократно увеличить газочувствительность, является создание газочувствительных слоев с фрактальной структурой вблизи порога протекания.

Целью настоящей работы – развитие модельного представления детектирования газов, сенсорами со структурой вблизи порога протекания.

В рамках модели изменения свойств при адсорбции восстанавливающих газов на поверхности полупроводников невозможно объяснить чрезвычайно высокие значения газочувствительности, которые достигаются при детектировании паров ацетона и этанола структурами, полученными методом химического соосаждения. Следует отметить, что большая чувствительность часто сопровождается нестабильностью, что свидетельствует о структурно-зависимых свойствах, поэтому развитие новых модельных представлений проводилось на основе физики фракталов и теории перколяции. Полученные экспериментальные результаты могут быть объяснены

образованием перколяционного стягивающего кластера при условиях, незначительно превышающих порог протекания.

Для наглядного объяснения эффекта резкого увеличения газочувствительности может быть использован фрактал Мандельброта–Гивена. В экспериментах при размещении сенсорного материала в атмосферном воздухе происходит блокировка отдельных проводящих ветвей фрактала вследствие хемосорбции заряженного кислорода на его поверхности. Система стремится в состояние ниже порога протекания, но близкое к нему и характеризуется высоким значением сопротивления. При появлении молекул восстанавливающего газа происходят их адсорбция на поверхности материала и химическое взаимодействие с кислородом. Продукты реакции десорбируются с поверхности, приводя к разблокировке и сокращению путей протекания тока. В идеализированном случае проводимость вследствие данного эффекта может становиться сколь угодно низкой. Достоинством этой модели является наглядное подтверждение того, что в адсорбционных полупроводниковых сенсорах с фрактальной структурой значения газочувствительности могут достигать значений, значительно превышающих предельно допустимые в моделях с классической модуляцией проводимости приповерхностных слоев.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части госзадания (Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, проект № 1755).

См. также: В.А. Мошников, С.С. Налимова, Б.И. Селезнев // Физика и техника полупроводников -2014. -Т. 48, Вып. 11 –С. 1535-1539.

СИНТЕЗ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И ZrO_2 ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

С. М. Богданов^{1,2}, Т. Л. Егорова², М. В. Калинина², Л. В. Морозова², О. А. Шилова^{1,2}

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

² Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН

Развитие перспективных отраслей техники стимулируют поиск путей создания материалов с улучшенными физико-химическими свойствами. В ряду наиболее перспективных материалов для современной энергетики заметное место занимает керамика на основе оксидов переходных металлов (Zr, Cr, Nd, Ce, Y, Gd, Ni), обладающих каталитической активностью и широким диапазоном значений электрических свойств за счет окислительно-восстановительных процессов, обусловленных переменной валентностью данных элементов. Эти материалы находят применение в качестве катализаторов, электродов и электролитов в топливных элементах. Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ-SOFC) привлекают особое внимание в последние годы своей высокоэффективностью, высоким КПД (выше 85%), экологичностью процесса получения электроэнергии.

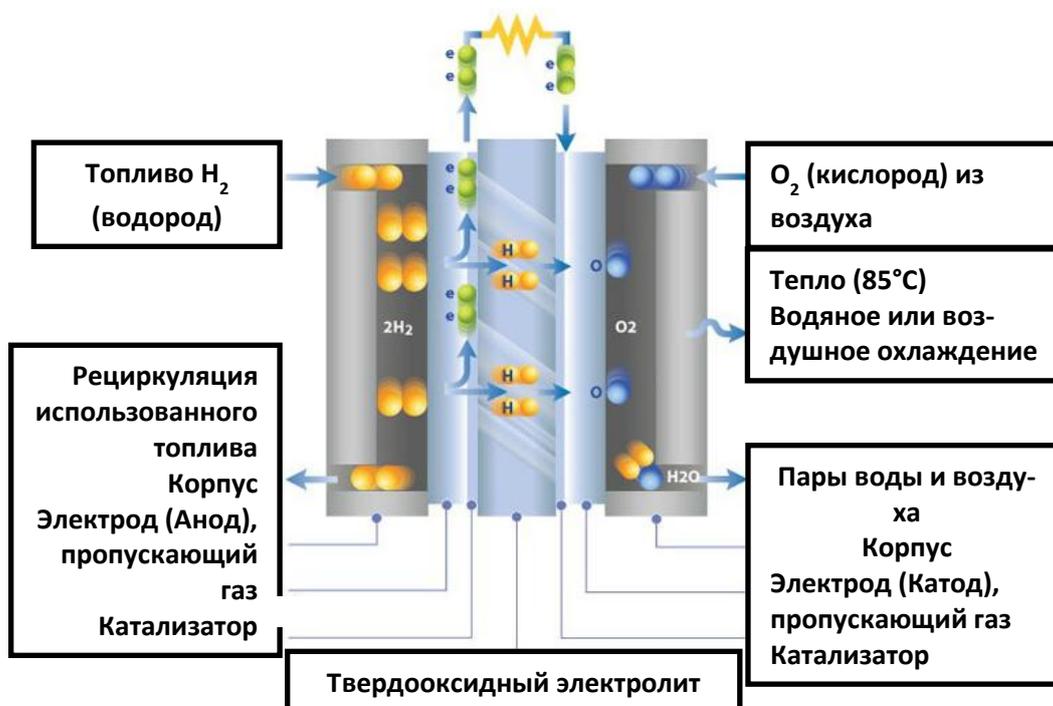


Рис. 1 Водородный топливный элемент

Целью работы является разработка технологических основ направленного низкотемпературного синтеза в системах ZrO_2 - Y_2O_3 - Gd_2O_3 - MgO , CeO_2 - Gd_2O_3 и соединения состава $(Nd, Ni)CrO_3$, который базируется на методах совместного осаждения гидроксидов и совместной кристаллизации используемых солей, для получения оксидных электролитных и электродных нанокмпозитов заданного химического состава. Исследования керамических материалов проведены с помощью рентгенофазового и дифференциально-термического анализа, электронной микроскопии, комплекса методов измерения электрических свойств. Установлено, что разработанный метод синтеза позволяет получать высокодисперсные порошки-прекурсоры со средним размером кристаллитов ~ 18 - 20 нм и площадью удельной поверхности 190 - 200 cm^2/g .

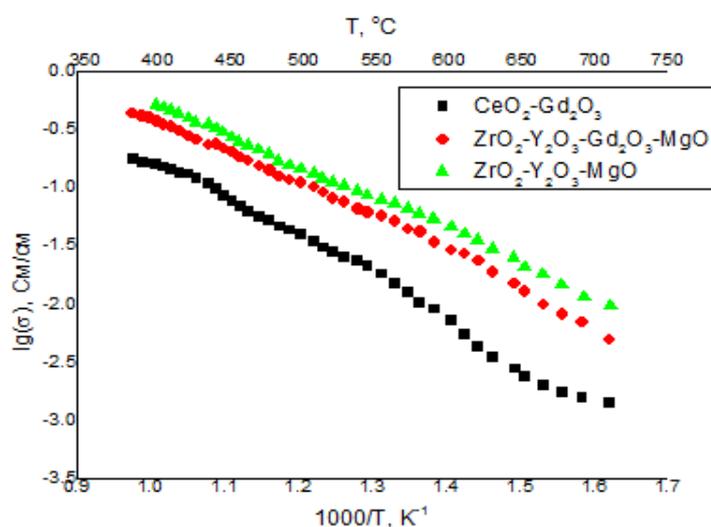


Рис. 2 Температурные зависимости удельной электропроводности образцов состава: 1. CeO_2 - Gd_2O_3 ; 2. ZrO_2 - Y_2O_3 - Gd_2O_3 - MgO ; 3. ZrO_2 - Y_2O_3 - MgO

Синтезированы керамические твердооксидные электролиты и электроды, представляющие собой твердые растворы состава $(ZrO_2)_{0,92}(Y_2O_3)_{0,03}(Gd_2O_3)_{0,03}(MgO)_{0,02}$ ($a=5,127A$) и $(CeO_2)_{0,9}(Gd_2O_3)_{0,1}$ ($a=5,411A$) с кристаллической структурой типа кубического флюорита и соединение $Nd_{0,45}Ca_{0,05}Cr_{0,45}Ni_{0,05}O_3$ со структурой орторомбического перовскита. Они обладают пределом прочности при изгибе 400 - 500 МПа; коэффициентом линейного термического расширения при 20 - $800^\circ C$ $9,7 \cdot 10^{-6}$ – $11,8 \cdot 10^{-6}$; удельной электропроводностью $\sigma = 10^{-4}$ - 10^{-7} См/см при 300 - $800^\circ C$.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО И КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА НАНОКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СМЕШАННЫХ ОКСИДОВ НА ДЕГРАДАЦИЮ ИХ СВОЙСТВ

Л. М. Брагина, И. А. Аверин, А. А. Карманов

Пензенский государственный университет

В последние годы нанокompозитные материалы на основе смешанных оксидов вызывают большой интерес для фундаментальных научных исследований и прикладного технического применения. Такие материалы используются в качестве фотокатализаторов, чувствительных элементов газовых сенсоров [1] и датчиков вакуума [2]. Целью проведения исследований является установление влияния качественного и количественного состава нанокompозитных материалов на основе смешанных оксидов на деградацию их электрофизических свойств (изменение сопротивления в процессе взаимодействия с окружающей средой). Актуальность работы связана с ужесточением требований к надежности изделий нано- и микроэлектроники и заключается в необходимости разработки рекомендаций по совершенствованию технологии изготовления нанокompозитных материалов. Качественный и количественный состав исследуемых материалов установлен методом ИК-спектроскопии. Изменение сопротивления в процессе хранения в воздушной среде фиксировалось с помощью мультиметра *Mastech MS8229*, при подаче на образец постоянного напряжения в 1 В.

На рисунке 1 представлены ИК-спектры пропускания нанокompозитов на основе $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$ с различной массовой долей диоксида олова.

ИК-спектры исследуемых пленок содержат полосы поглощения характерные как для кремниевой подложки (615, 805, 900, 1100 см^{-1}), так и для образовавшейся структуры (670, 1100, 1450 см^{-1}) [3]. Особенностью ИК-спектров исследуемых материалов является наличие полос поглощения при 2360 и 2900-3600 см^{-1} , которые отвечают адсорбированному углекислому газу и парам воды соответственно. Относительно большая интенсивность данных полос поглощения указывает на активное взаимодействие исследуемых пленок с окружающей средой (воздушной атмосферой), вследствие чего их качественный и количественный состав изменяется, что в свою очередь приводит к изменению их электрофизических свойств (рисунк 2).

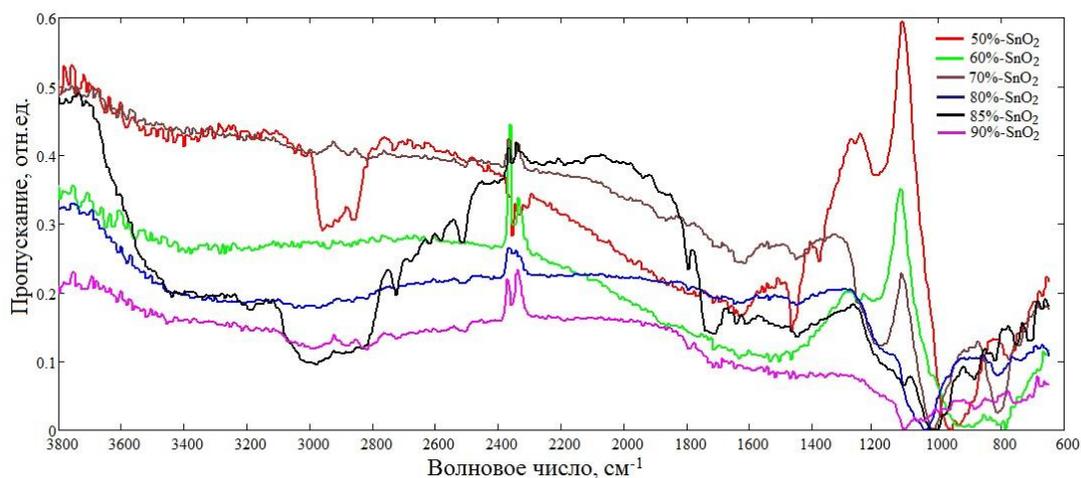


Рисунок 1 – ИК-спектры исследуемых нанокомпозитов

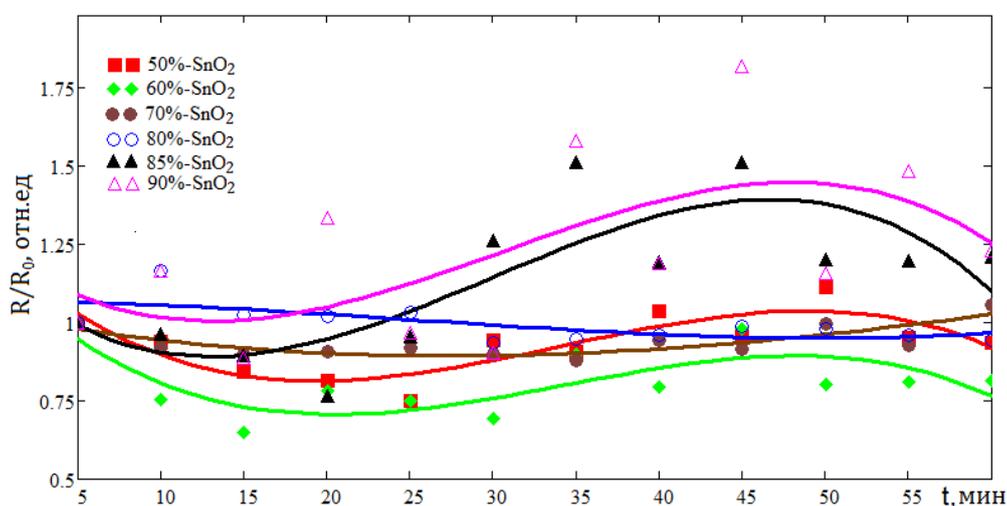


Рисунок 2 – Относительное изменение сопротивления исследуемых нанокомпозитов

Анализ данных, представленных на рисунке 2, показывает, что сопротивление нанокомпозитов с массовой долей диоксида олова 70 и 80% остается практически постоянным. Данное обстоятельство связано с тем, что основной вклад в изменение их сопротивления вносит процесс адсорбции/десорбции кислорода, а не паров воды. Это хорошо согласуется с данными по качественному и количественному составу исследуемых нанокомпозитов. Так из рисунка 1 видно, что полоса поглощения $2900\text{--}3600\text{ см}^{-1}$ наиболее ярко выражена у нанокомпозитов с массовой долей SnO_2 50, 60, 85 и 90% и слабо заметна у материалов с содержанием диоксида олова 70 и 80%.

Литература

1. Пронин И.А., Аверин И.А., Мошников В.А., Якушова Н.Д., Кузнецова М.В., Карманов А.А. Перколяционная модель газового сенсора на основе полупроводниковых оксидных наноматериалов с иерархической структурой пор // Нано- и микросистемная техника. – 2014. - № 9. – С. 15-19.
2. Аверин И.А., Игошина С.Е., Мошников В.А., Карманов А.А., Пронин И.А., Тербуков Е.И. Чувствительные элементы датчиков вакуума на основе пористых наноструктурированных пленок $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$, полученных золь-гель методом // Журнал технической физики. – 2015. – Т. 85. - № 6. – С. 143-147.
3. Аверин И.А., Сигаев А.П., Карманов А.А., Пронин И.А., Игошина С.Е., Кудашов А.А. Влияние отжига на качественный состав наноструктурированных материалов на основе SiO_2 , $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$, $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2\text{-In}_2\text{O}_3$ // Труды международного симпозиума Надежность и качество. – 2014. – Т. 2. – С. 133-136.

ОСОБЕННОСТИ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

О. С. Ваталев, Л. И. Козлович

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

Атомно-силовая микроскопия (АСМ) в настоящее время является одним из самых современных и перспективных методов изучения различных свойств разных по природе материалов и приборных структур на их основе [1, 2]. Очень динамичной современной областью применения АСМ являются биология и медицина. Одной из основных задач этих областей является исследование морфологии биологических объектов, определение их размеров, а также индивидуальных свойств: подвижность отдельных участков, сила взаимодействия между молекулами, рельеф поверхности и т.д. [3]. АСМ уже зарекомендовала себя как мощный инструмент для исследования наноструктурных деталей и биомеханических характеристик биологических образцов, таких как биомолекулы и клетки [4]. Стало возможным определение механических особенностей клеточной мембраны, её жесткости и упругости. АСМ также хорошо подходит для оценки клеточной адгезии. Такие исследования могут расширить спектр знаний, получаемых о живой клетке, позволяя измерить реологические характеристики (при использовании силовой спектроскопии на основе АСМ), исследовать и характеризовать микробные поверхности, получить их изображение в высоком разрешении.

Вирусология заинтересована в применении АСМ в своих исследованиях: именно с её помощью можно изучить механизм взаимодействия вирусов со здоровыми клетками, проводить сравнительный анализ свойств здоровых и заражённых клеток.

Ещё одной сферой использования является кардиология. Жесткость миоцитов сердца растет с возрастом и может быть измерена с помощью АСМ: это поможет предупредить и предотвратить проблемы с сердцем на ранней стадии.

В ортопедии используют АСМ для наблюдения за изменением поверхностной топологии хряща вследствие действия на него механических сил. Известно, что хрящ состоит из хондроцитов, находящихся в ячейках коллагеновой матрицы [5]. Именно она подвергается постоянным физиче-

ским нагрузкам, поэтому получение снимков её поверхности является ключевой задачей. С помощью АСМ можно лучше изучить механизмы и эффекты воздействия на хрящ, что поможет предотвратить развитие воспалительных процессов и связанных с ними болезней.

Для проведения исследований в АСМ важна процедура подготовки образцов, он заключается в иммобилизации объекта исследования на ровной подложке. Варьируя подложки, можно исследовать различные свойства объектов на различных поверхностях. При выборе зонда важную роль играет среда. Для измерений в воздушной среде чаще используются кремниевые зондовые датчики. Острота зонда позволяет добиться высокого разрешения при измерениях, однако для измерений в жидкостях данные зонды не подходят из-за большой жесткости кантилевера. Поэтому для исследований в жидкой среде используют зондовые датчики, состоящие из кантилеверов, изготовленных из нитрида кремния, с пирамидальными зондами. Для проведения измерений в жидкостях используют недавно разработанные датчики из комбинаций кремний/нитрид кремния. Эти датчики имеют достоинства двух представленных ранее типов датчиков. Кантилевер такого зондового датчика изготавливается из нитрида кремния, а зонд – из кремния [6].

АСМ позволяет проводить исследования поверхности биологических объектов в различных средах: в воздушной или жидкой среде. Воздушный режим является менее трудоемким по сравнению с жидким и обеспечивает высокое разрешение. При этом, обезвоживание клеток практически не искажает форму и строение мембраны, что является неотъемлемой частью изучения структур молекул. Для проведения исследований на воздухе существуют две основные схемы подготовки образцов:

1. Метод мазка. Метод прост в своем использовании и не требует дополнительных манипуляций. Для исследования каплю крови (10-20 мкл) или другой биологический объект наносят на чистое предметное стекло и прижимают вторым стеклом, при этом толщина мазка уменьшается за счёт растекания по поверхности стекла.

2. Нанесение клеток из суспензии. Образец представляет собой суспензию клеток крови (в основном эритроцитов) в фосфатном буфере (рН 7,0). Первоначально перед сорбцией клетки доводили до определенной концентрации. Далее каплю суспензии (5-10 мкл) наносили на предметное

стекло размером 3*3 см и сушили на воздухе, потом стекло с помощью двухстороннего скотча крепили к столику микроскопа [7].

АСМ является серьезным инструментом для изучения живой материи, но, всё же, часто требуется разработка методик для решения конкретной задачи, для определенного типа образцов. В качестве основных проблем можно выделить:

- продолжительность процесса исследования (время для получения изображений в высоком разрешении зачастую превышает длительность биологического процесса);

- на изображениях могут присутствовать артефакты (это может привести к неправильной трактовке полученного материала);

- программное обеспечение не способно быстро обработать полученную информацию;

В настоящее время работы по решению вышеперечисленных проблем активно ведутся, вследствие чего АСМ остается актуальным и удобным методом исследования живых клеток и органических соединений.

Литература:

1. В. А. Мошников, Ю. М. Спивак, П. А. Алексеев, Н. В. Пермяков. Атомно-силовая микроскопия для исследования наноструктурированных материалов и приборных структур: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. 144 с.
2. Диагностика материалов методами сканирующей зондовой микроскопии: Учеб. пособие. Под ред. проф. В.А. Мошникова. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. 172 с.
3. Нагорнов Ю.С. Изучение биологических объектов методами атомно-силовой микроскопии. Тольятти: ТГУ, 2012. 67 с.
- 4.S. Vahabi, B. N. Salman, A. Javanmard, Sh. Beheshti. University of Medical Science, Tehran, Iran «Atomic Force Microscopy Application in Biological Research: A Review Study», 2012. 2с.
5. Yurii G. Kuznetsov, Alexander McPherson. University of California, Irvine «Atomic Force Microscopy in Imaging of Viruses and Virus-Infected Cells», 2011.273 с.
- 6.Т. Füzik, P. Ulbrich, T. Ruml. Institute of Chemical Technology Prague, Department of Biochemistry and Microbiology «Visualization of biological samples in the liquid environment », 2012.4 с.
7. Нагорнов Ю.С.Исследование клеток крови при помощи атомно-силовой микроскопии: Методические рекомендации. Тольятти: ТГУ, 2012. 18 с.

СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ КОМПОЗИТОВ ПОЛИАНИЛИНА, ДОПИРОВАННОГО ХЛОРИДАМИ МЕТАЛЛОВ И УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Я. А. Висурханова, Е. А. Соболева, Н. М. Иванова

Институт органического синтеза и углехимии республики Казахстан

Углеродные нанотрубки (УНТ) обладают уникальными свойствами: высокой термической и механической прочностью, хорошей проводимостью, что делает их привлекательными для получения различных композитных материалов. Среди проводящих полимеров полианилин занимает особое положение, благодаря простому синтезу, высокой устойчивости, а также собственной ионной и электронной проводимости. Создание композитов на основе УНТ и ПАни позволяет объединить в одном материале достоинства, которыми обладают оба компонента в отдельности.

Целью данной работы было получение полианилин (ПАни)-металлических композитов с многостенными УНТ и изучение их строения методами рентгенофазового анализа (РФА), электронной микроскопии, а также определение их электропроводности.

Полианилин был синтезирован по методике окислительной полимеризации анилина с применением в качестве окислителя персульфата аммония в солянокислой среде. Металлсодержащие композиты ПАни с МУНТ были получены введением хлорида металла (Ni, Cu, Co) и МУНТ *in situ* окислительной полимеризации анилина по трем методикам синтеза, отличающимся последовательностью введения хлорида металла и продолжительностью ультразвуковой обработки. При этом были использованы карбоксилированные МУНТ_{СА} (1 и 10 мас.% по отношению к мономеру), прошедшие обработку смесью серной и азотной кислот. Содержание металла в синтезированных композитах было рассчитано по разности исходно взятого количества металла в соли и определенного в фильтрате методом комплексонометрии (для никеля и кобальта) и йодометрии (для меди).

Заводские МУНТ₃ (серии «Таунит») были очищены от остаточного катализатора их получения – никеля, присутствие которого подтверждают РФ-анализы (рисунок 1,а). Поэтому перед синтезами МУНТ₃ подвергали очистке кипячением в 1М растворе HCl. Такая процедура, согласно РФ-

анализам (рисунок 1,б), оказалась не полной, но позволила удалить большую часть никеля из заводских МУНТ. На рентгенограмме МУНТ_{СА} (рисунок 1, в) отсутствуют кристаллические фазы никеля и неокисленных МУНТ (при $d=3,40\text{\AA}$), и появляются фазы с межплоскостными расстояниями $d=3,46$ и $3,67\text{\AA}$, характерными для окисленных МУНТ.

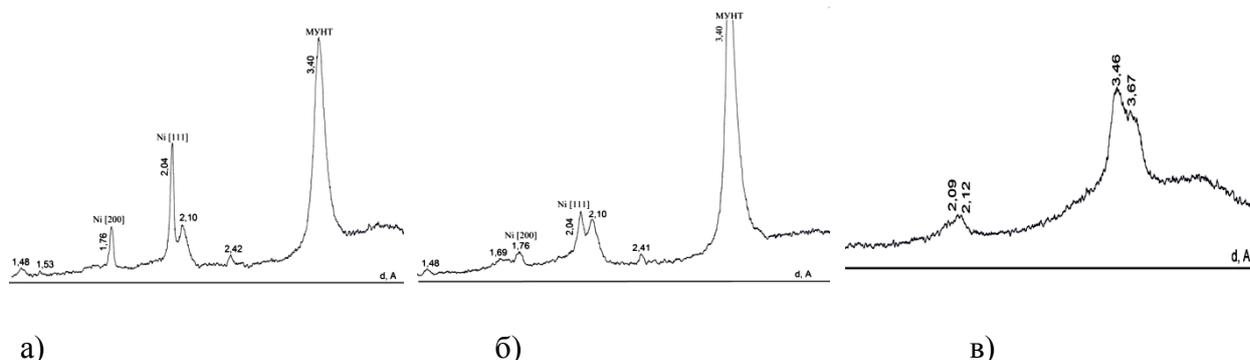


Рисунок 1 – Рентгенограммы для МУНТ₃ (а), МУНТ_К (б) и окисленных МУНТ_{СА} (в)

По РФ-анализам, все синтезированные композиты ПАни+MeCl₂+1% или 10%МУНТ_{СА} имеют слабо окристаллизованный фазовый состав с еле заметным (1%) и невысоким (10%МУНТ_{СА}) пиком для нанотрубок, что объясняется снижением их содержания в процессе синтеза композитов ввиду их хорошей растворимости. Однако сделанные на растровом электронном микроскопе снимки подтверждают присутствие МУНТ_{СА} в композитах, имеющих увеличенный диаметр по сравнению с МУНТ₃.

Таблица 1. Электропроводность некоторых синтезированных композитов и содержание в них металлов

№ композита	Композит	Содержание металла в 1 г композита	σ , См·см ⁻¹
1	ПАни·НСl	-	0,14
2	ПАни +1% МУНТ _{СА}	-	0,03
3	ПАни +10% МУНТ _{СА}	-	0,04
4	ПАни+CuCl ₂ (1:1)	0,054	0,008
5	ПАни+CuCl ₂ (1:2)	0,104	0,06
6	ПАни+1%МУНТ _{СА} + CuCl ₂ (1:1) -1	0,052	0,04
7	ПАни+1%МУНТ _{СА} + CuCl ₂ (1:1) -3	0,035	0,012
8	ПАни+10%МУНТ _{СА} + NiCl ₂ (1:2) -2	0,109	0,08

По измерениям сопротивления таблеточных образцов (1 г, 20 мм) некоторых композитов, выполненных с помощью мультиметра GW Instek-8245, были вычислены значения их удельной электропроводности (σ) (таблица 1). Из приведённых данных следует, что ПАни, допированный HCl, имеет более высокую проводимость, чем при добавлении окисленных МУНТ_{СА}, а электропроводность ПАни-металлических композитов зависит от содержания в них металла.

СОРБЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

Т. О. Вострикова, Е. А. Тутов

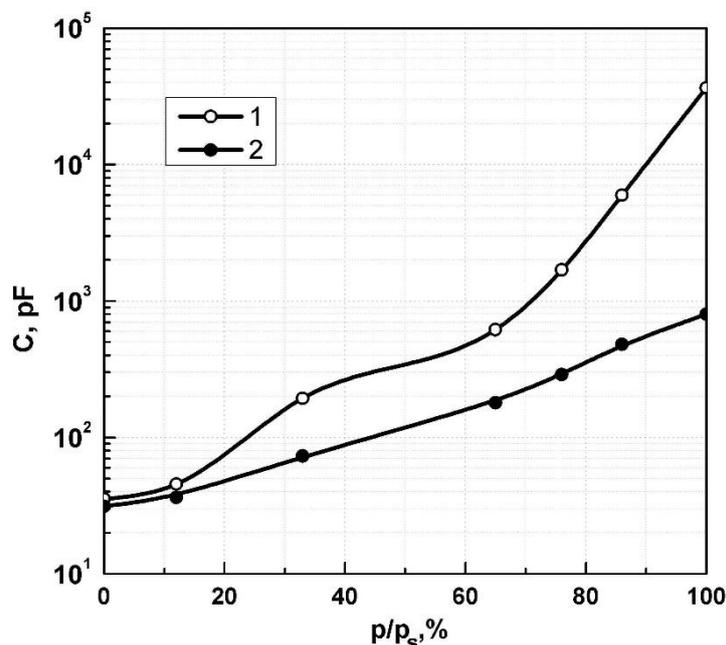
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Научно-обоснованные принципы управления структурой на наноуровне являются ключевым моментом в разработке высокотехнологичных строительных композитов нового поколения. Одним из перспективных способов модифицирования цементных смесей, влияющего на гидрофильно-гидрофобные характеристики компонентов и межфазные взаимодействия, является обработка сухих цементных смесей в парах поверхностно-активных веществ (ПАВ). Применение четвертичных соединений аммония, относящихся к ПАВ катионного типа (химическая формула триамина $[(\text{HOC}_2\text{H}_4)_3\text{N}^+\text{CH}_3][\text{CH}_3\text{SO}_3^-]$), для управления поверхностными свойствами цементных систем является новым.

В качестве объекта исследования был выбран портландцемент без добавок марки М500 Д0 (ГОСТ 31108-2003). Из цементного порошка при давлении 300 атм. прессовалась таблетка диаметром 10 мм и толщиной 1 мм с оловянной фольгой в качестве верхнего и нижнего электродов. Электрофизические характеристики сформированных конденсаторных структур (емкость, сопротивление, тангенс угла диэлектрических потерь) измеряли в частотном диапазоне 12 Гц – 100 кГц с помощью LCR-метра (Goodwill-819), с усреднением по десяти измерениям. Исследуемый образец помещали в герметичную измерительную ячейку, для удаления паров воды из которой использовали осушитель с силикагелем. Требуемые значения относительной влажности p/p_s воздуха в ячейке задавали с использованием насыщенных растворов солей. Измерения проведены на образцах с исходным цементом, а также с цементом, выдержанным 24 часа в насыщенных парах триамина (ТУ 6-14-1059-83). Все измерения проведены при температуре 295 К.

Как было показано ранее [1-3], диэлектрические характеристики конденсаторных структур с гидрофильными диэлектриками определяются количеством сорбированной воды и характером ее распределения в диэлектрическом слое. Поэтому зависимость емкости C от относительной влаж-

ности p/p_s имеет качественный вид изотермы адсорбции паров воды данным диэлектриком.



На рисунке представлена зависимость электрической емкости плоского конденсатора с цементом в качестве диэлектрика от относительной влажности для исходного (1) и поверхностно-модифицированного (2) портландцемента. (частота измерительного сигнала 200 Гц). Цемент незначительно сорбирует пары воды при относительной влажности до 70 %, после чего на кривой $C(p/p_s)$ наблюдается более существенный рост. Обработка цемента парами триамина приводит к заметному повышению его гидрофобности. Электрическая емкость незначительно увеличивается с ростом парциального давления паров воды, оставаясь при стопроцентной влажности на порядок меньше ее величины для необработанного цемента. Обнаруженный эффект может быть использован при промышленном изготовлении сухих строительных смесей, а измерение диэлектрических характеристик цемента может быть полезно для анализа эффективности его модифицирования.

Литература

1. Tutov E.A. // Semiconductors. 2008. V. 42. P. 1561–1563.
2. Тутов Е.А. // ЖТФ. 2012. Т. 82. № 6. С. 30-34.
3. Тутов Е.А. // Научный вестник ВГАСУ. Сер. "Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения". 2013. Вып. № 7. С. 73-87.

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ШПРИЦЕВОГО ДОЗАТОРА К 3D-ПРИНТЕРУ PRUSA MENDEL

Р. С. Зырянов, Ю. П. Лепескин

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

В последние годы было отмечено интенсивное развитие технологий печати на 3D-принтерах. Это устройство, использующее метод послойного создания физического объекта по цифровой трехмерной модели. Фактически, 3D-печать является «аддитивной технологией», то есть полной противоположностью таких традиционных методов механического производства и обработки, как фрезеровка или резка, где формирование облика изделия происходит за счет удаления лишнего материала. Наиболее распространенной является технология послойного наплавления термопластиков. За счет этого удается снизить затраты материала на производство. 3D-печатные технологии, в зависимости от применяемого материала, используются для быстрого прототипирования, в строительстве, промышленном дизайне, автомобильной, аэрокосмической, военно-промышленной, инженерной и медицинской отраслях, биоинженерии (для создания искусственных тканей), производстве ювелирных изделий, пищевой промышленности и многих других сферах.

При помощи струйной печати можно наносить «электронные» чернила на различные поверхности, сохраняя все свойства этой поверхности, в том числе и гибкость. Существуют несколько различных типов «электронных» чернил: проводящие чернила на основе наночастиц металлов – для контактов, полупроводниковые чернила из оксида цинка - для активного слоя полупроводниковых приборов, диэлектрические чернила из титаната бария - для создания непроводящего слоя, например, между обкладками конденсатора, а также непроводящих чернил на основе эпоксидной смолы для изолирующего слоя[1]. При печати электронных устройств речь не идет о печати сложных чипов, вроде микропроцессоров и контроллеров дисплеев, так как они могут содержать свыше миллиарда транзисторов, для изготовления которых потребуется разрешение печати порядка не-

скольких нанометров. Уменьшение себестоимости схем позволит развить направление «одноразовой» электроники в обозримом будущем[2].

Целью данной работы была разработка и изготовление шприцевого дозатора к 3D-принтеру Prusa Mendel для использования в дальнейшем в качестве прибора для нанесения слоев из зольей, содержащих нанокристаллы металлов. Решаемые при этом задачи – проектирование держателя шприца и механизма, редактирование управляющей программы и Prusa Mendel – представитель «RepRap»[3] 3D-принтеров, который можно собрать из деталей, находящихся в свободном доступе, болты и гайки в строительном магазине, шаговые двигатели – в магазине радиодеталей, экструдер – на торговых площадках в интернете.

Средой разработки служил редактор трехмерной графики SketchUp. Шприцевой дозатор представляет из себя поршневую систему, которая приводится в движение шаговым двигателем, в управляющую электронику внесены изменения для расчета количества материала, на основе учета диаметра шприца и диаметра иглы. Был изготовлен рабочий прототип системы нанесения жидких материалов, проведены тестовые эксперименты.

Литература.

1. Y. L. Kong, I. A. Tamargo, H. Kim, B. N. Johnson, M. K. Gupta, T.-W. Koh, H.-A. Chin, D. A. Steingart, B. P. Rand, M. C. McAlpine. / 3D Printed Quantum Dot Light-Emitting Diodes. // *Nano Lett.* **14**, 7017-7023 (2014).
2. Joseph Chang, Xi Zhang, Tong Ge, Jia Zhou. / Fully printed electronics on flexible substrates: High gain amplifiers and DAC // *Organic Electronics*. Volume 15, Issue 3, March 2014, Pages 701–710.
3. RepRap wiki [Электронный ресурс]: — Режим доступа : [http://www. http://reprap.org/](http://www.reprap.org/), свободный. — Яз. англ.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТЕНДА СКАНИРУЮЩЕГО ТУННЕЛЬНОГО МИКРОСКОПА ДЛЯ УЧЕБНЫХ ЦЕЛЕЙ

К. Ю. Емельянов, Н. В. Пермяков

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

Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ) — вариант сканирующего зондового микроскопа, предназначенный для измерения рельефа проводящих поверхностей с высоким пространственным разрешением. В СТМ острая металлическая игла подводится к образцу на расстояние нескольких ангстрем. При подаче на иглу относительно образца небольшого потенциала возникает туннельный ток. Величина этого тока экспоненциально зависит от расстояния образец-игла. Типичные значения тока 1—1000 пА при расстояниях около 1 Å.

Рассмотрим принцип работы СТМ. Очень острая игла микроскопа помещается настолько близко к исследуемой поверхности, что волновые функции наиболее близкого атома иглы и атомов поверхности образца перекрываются. Это условие выполняется при величине промежутка игла-образец ~5—10 Å. Если приложить напряжение V между иглой и образцом, то через промежуток потечет туннельный ток. В упрощенной форме плотность туннельного тока j может быть представлена как:

$$j = \frac{D(V)V}{d} \exp\left(-A\phi_B^{\frac{1}{2}}d\right),$$

где d — эффективная ширина туннельного промежутка, $D(V)$ — отражает плотность электронных состояний, A — константа, а $\phi_B \sim$ эффективная высота барьера туннельного перехода.

Использование СТМ в учебном процессе позволяет изучить зависимость $I(d)$, топографические характеристики, ВАХ контакта Ме-Ме, ВАХ контакта Ме-п/п. Для реализации лабораторной работы требуется прибор, пособие, исследуемый образец, генератор импульсов.

Поэтому целью данной работы было создание стенда, реализующий регистрацию туннельного тока.

Из имеющихся источников и примеров реализации [1-7] была выбрана следующая конструкция:

1. Пьезоэлемент из пьезодинамика, в котором сделаны 4 секции. Принцип перемещения указан на рис.1
2. Держатель зондов(острия) – элемент механического карандаша.
3. Корпус.
4. Электроника.
5. В качестве зондов планируется использовать вольфрамовую проволоку. Которую травят в КОН.

Поскольку напряжение на противоположных электродах изменяется, то угол в центре диска изменяется. Поскольку напряжение вызывает изменение угла движение на равнине ХУ прямо пропорционально длине противостояния.

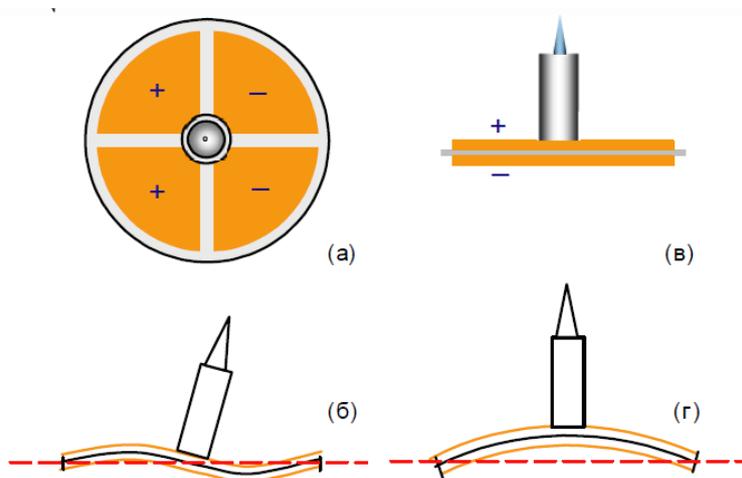


Рис.1. Пьезоэлемент. Вариант перемещения. Подавая противофазные напряжения на противоположные пары секций внешних электродов, можно изгибать пластину так, что зонд будет двигаться в плоскости X,Y (а, б). А изменяя потенциал внутреннего электрода относительно всех секций внешних электродов, можно прогибать пластину, перемещая зонд в направлении Z (в, г) [7]



Рис.2. Пьезоэлемент вместе с держателем иглы.

Механическая конструкция держателя пьезоэлемента и образца являются две пластины, которые отдалены друг от друга определенным расстоянием. При помощи винтов можно приближать одну пластину к другой, тем самым подводя иглу к образцу.

Такой вариант СТМ позволит учащимся на практике исследовать образцы и не бояться за оборудование.

Таким образом создан стенд для реализации сканирования и регистрации туннельного тока. Данный стенд протестирован на образцах Si(111).

Литература

1. Сканирующая туннельная микроскопия
<http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1182775&uri=page1.html#history>
2. Принцип работы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ)
<http://shark007.narod.ru/7/b7v3.htm>
3. Дедкова Е. Г., Чуприк А. А., Бобринецкий И. И., Неволин В. К. Приборы и методы зондовой микроскопии, Москва: МФТИ, 2011, с.160.
4. Г. Бинниг, Г. Рорер. Сканирующая туннельная микроскопия – от рождения к юности – Нобелевские лекции по физике – 1996. УФН, т. 154 (1988), вып.2, с. 261.
5. J.A. Kubby, J.J. Boland. Scanning Tunneling Microscopy of Semiconductor Surfaces. Elsevier, 1996 (Surface Science Reports, 26 (1996) 61-204).
6. Простой СТМ проект
http://web.archive.org/web/20130815082711/http://www.geocities.com/spm_stm/Project.html
7. Миронов В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии: Учеб. пособие для студентов старших курсов высших учебных заведений / Ин-т физики микроструктур. Нижний Новгород, 2004. С. 114.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТЫХ МАТРИЦ ДЛЯ НАНОЧАСТИЦ СУЛЬФИДА СВИНЦА

М. С. Истомина, Е. В. Мараева

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

В настоящее время актуальной задачей является развитие методики, сочетающей возможность исследования пористых материалов различной структуры (слои на подложках и объемные порошковые образцы), не требующей привлечения дорогостоящего оборудования. Данную задачу можно решить за счет осуществления химического синтеза наночастиц сульфида свинца внутри системы пор как нанореакторов, объемы которых ограничивают размеры синтезируемых частиц.

Целью данной работы являлось получение с помощью золь-гель технологии [1] нанокompозита 90% SiO₂ — 10% SnO₂, исследование его на приборе серии СОРБИ методом тепловой десорбции азота и введение в пористые матрицы наночастиц сульфида свинца.

В настоящей работе предложен метод получения нанокompозита SiO₂-SnO₂ с применением золь-гель технологии. Основной задачей золь-гель синтеза было получение пористых материалов с контролируемым размером пор для последующего эксперимента по введению в эту матрицу частиц сульфида свинца.

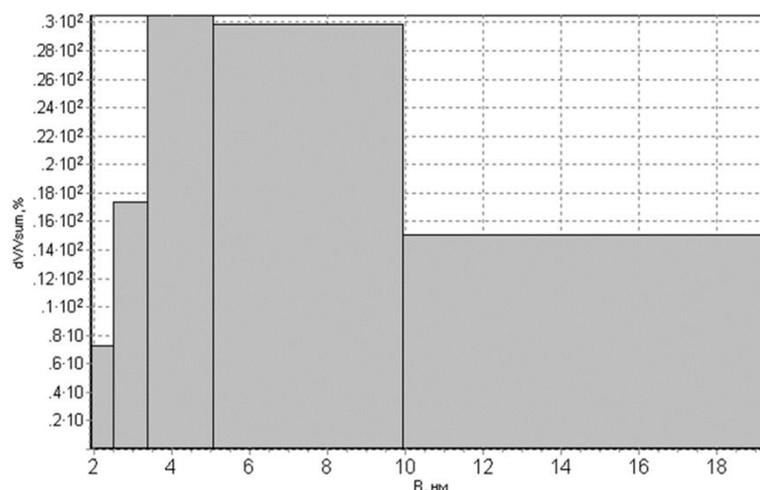


Рис. 1

Для материала состава 90% SiO₂ — 10% SnO₂ была построена изотерма адсорбции, анализ которой дает получить информацию о распределении пор по размерам (рис. 1).

Из гистограммы видно, что наибольшая доля пор приходится на поры размером 3-5 нм. Этот материал является подходящим, чтобы ввести в него частицы сульфида свинца.

Частицы сульфида свинца получены методом растворной химии. В качестве источника свинца выбран раствор ацетата свинца — $Pb(CH_3COO)_2$, серы — тиомочевина. Для регулирования уровня pH использовалась аммиачная вода. Полученная система так же была исследована на СОРБИ. На графике (рис.2) представлена линия десорбции порошка оксида кремния и оксида олова до введения (синяя линия) и после введения наночастиц сульфида свинца (красная линия). Так как измерение проводилось для одинаковых (по массе) навесок образцов, из графика можно сделать вывод, что после введения частиц удельная поверхность системы уменьшилась.

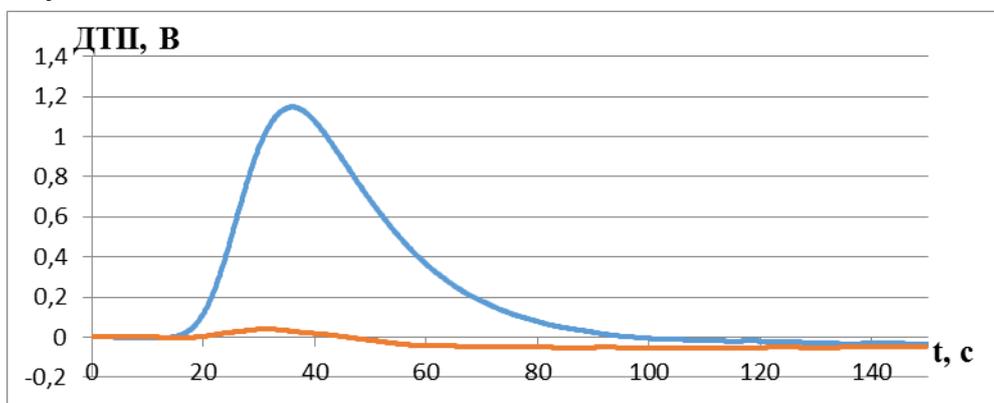


Рис.2

На данном этапе работы был сделан вывод, что в процессе синтеза сульфида свинца, образующийся материал осаждался на частицы, однако размеры образующихся агрегатов сульфида свинца оказались слишком большими, чтобы наблюдать проникновение частиц сульфида свинца в систему пор.

Работа выполнялась в рамках проектной части госзадания Минобрнауки РФ № 16.2112.2014/К.

Авторы благодарят аспиранта кафедры МНЭ Л. Б. Матюшкина за проведенные эксперименты по синтезу наночастиц сульфида свинца и исследование спектров поглощения.

Литература

1. Максимов А. И., Мошников В. А., Таиров Ю. М., Шилова О. А. Основы золь-гель технологии нанокompозитов. 2-е изд. СПб.: Элмор, 2008. 225с.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СКАЛЯРНОГО ПОТЕНЦИАЛА В ЗАДАЧАХ МАГНИТОСТАТИКИ»

Б.Д. Клименков, П.В. Харитонский

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

В последнее время в химии и технологии активный интерес представляют методы, позволяющие манипулировать отдельными атомами и молекулами. При переходе магнетиков в наноразмерное состояние значительно изменяются их магнитные свойства, такие как величина намагниченности, значения магнитной кристаллографической анизотропии, температура Кюри. Это дает возможность управлять их состоянием с помощью воздействия магнитного поля. Также можно управлять формой или конфигурацией системы, что позволяет получать различные режимы динамики намагниченности. Это особенно важно для технических применений, таких как конструирование магнитной памяти, сверхчувствительных наноэлементов и т.д.

Довольно мощным инструментом исследования магнитной структуры является микромагнитное моделирование, дающее возможность получать детальную трехмерную статическую и динамическую информацию о магнитной структуре изучаемых объектов.

Данная лабораторная работа (ЛР) необходима для ознакомления студентов с методологическими подходами, позволяющими безотносительно к конкретным областям приложений, используя методы математического моделирования, в данном случае - метод скалярных потенциалов, описывать процессы перемагничивания в магнитных структурах.

Виртуальный прибор для прохождения разработанной ЛР реализован в программной среде LabView и состоит из трех частей. В первой части ЛР необходимо рассчитать размагничивающие факторы формы для частиц магнетита имеющих форму эллипсоидов вращения. Полученные результаты будут точными, т.к. частицы такой формы имеют однородную намагниченность.

Во второй части по методу магнитных прямоугольников [1] можно рассчитать энергию магнитоэлектростатического взаимодействия и произвести

расчет размагничивающих факторов, например для двухфазных частиц магнетит-титаномагнетит:

$$E_m = \iint_{SS'} \frac{\sigma \sigma' r}{|r-r'|^3} dS dS' \quad (1)$$

где интегрирование проводится по областям S, S' с поверхностными плотностью магнитного заряда σ и σ' . Полученные результаты необходимо сравнить с результатами первой части ЛР.

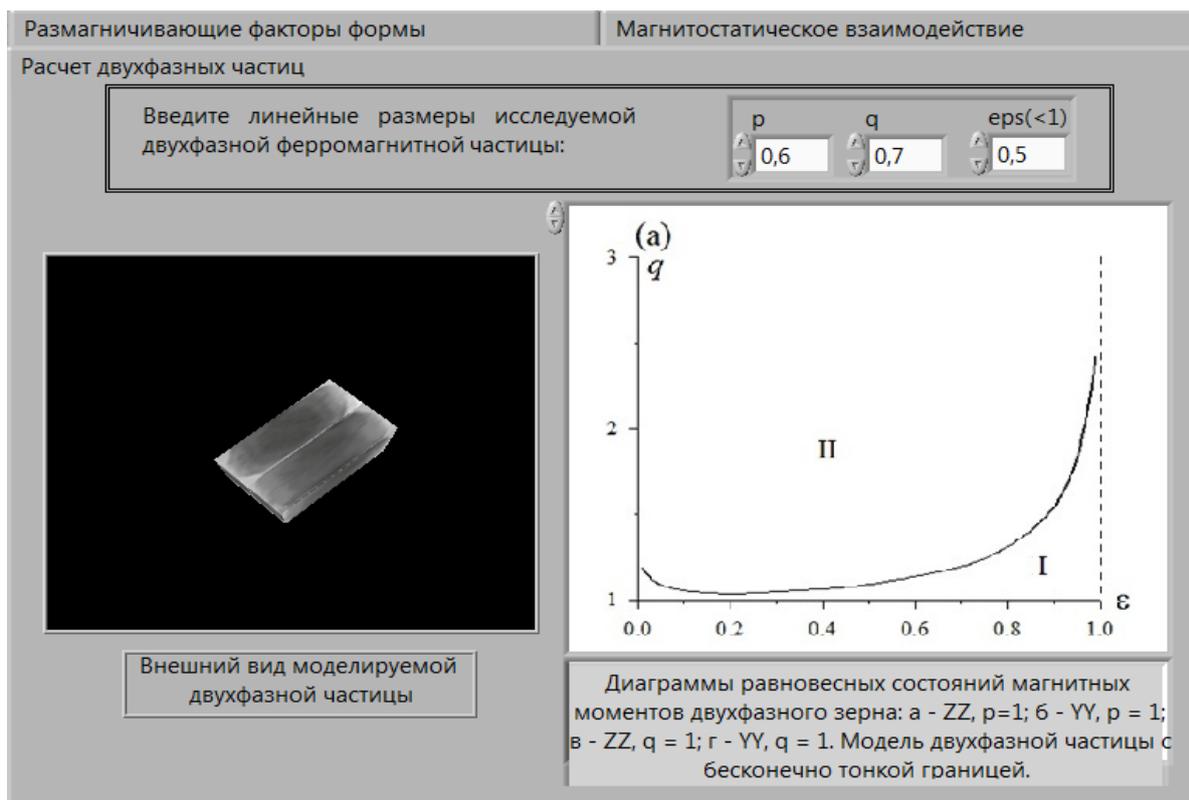


Рисунок 1. Внешний вид виртуального прибора реализующего расчет двухфазных частиц.

В третьей части (рисунок 1), пользуясь данными предыдущих двух частей, а также считая, что выражение для плотности магнитной энергии частицы состоит только из энергий кристаллографической магнитной анизотропии и магнитоэлектронного взаимодействия между фазами необходимо рассчитать направления магнитных моментов фаз для модели двухфазной частицы с бесконечно тонкой границей [1].

Литература

1. Харитонский П.В., Фролов А.М. Моделирование магнитоэлектронного взаимодействия в многослойных структурах. // Известия ВУЗов, Физика, 2010, №3/2, с.197-200.

КОМПЛЕКСНОЕ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВИРОВАННЫХ ФТОРАЛЮМИНАТНЫХ СТЕКОЛ С МАЛЫМИ ДОБАВКАМИ ФОСФАТОВ

В. А. Клинков¹, Т. В. Бочарова¹, Д. С. Сысоев¹, С. А. Тарасов²

¹*Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

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

Неорганические материалы, активированные редкоземельными элементами (РЗЭ) перспективны для использования в оптических линиях связи, мощных лазерах, плазменных панелях, оптоэлектронике, а так же оптических усилителях. В последние годы многократно возрос интерес исследователей к системам на основе фторидов, содержащим добавки активатора из семейства лантаноидов. Фторидные стекла обладают низкой энергией фононов, обеспечивают вхождение больших концентраций РЗЭ в матрицу стекла без концентрационного тушения. Значение энергии фононов в таких стеклах существенно ниже, чем в оксидах, фосфатах и боратах лантаноидов, используемых в качестве люминофоров.

В данной работе объектом исследования было модельное фторалюминатное стекло состава: $2\text{Ba}(\text{PO}_3)_2-98\text{MgCaSrBaYAl}_2\text{F}_{14}$ синтезированное в восстановительных условиях. Используемые активаторы: Eu^{3+} и Er^{3+} (0,1; 0,5; 1,0 мол. %), Tb^{3+} (0,1; 0,5 мол. %).

Указанный состав был выбран исходя из полученному ранее в работе [1] результату, где в интервале составов $x\text{Ba}(\text{PO}_3)_2-(100-x)\text{MgCaSrBaYAl}_2\text{F}_{14}$, при $x = (0,5-3,0)$ мол. %, для стекла состава $x=2$ было получено минимальное значение рассеяния (отношение Ландау-Плачека), а также выдвинуто предположение о перестройке структуры в данном составе - формирование смешанного каркаса стекла, заключающееся в присутствии как пиро-, так и ортофосфатных группировок. С целью более глубокого анализа, данный состав был подвергнут комплексному спектроскопическому исследованию с помощью структурно-чувствительных методов: электронная адсорбционная спектроскопия γ -облученных образцов дозу на картинке, ЭПР спектроскопия, спектрально-кинетические методы, комбинационное рассеяние (КР).

Всю совокупность спектров на рис. 1 можно разделить на три группы по характеру полос поглощения, отражающих структурные перестройки.

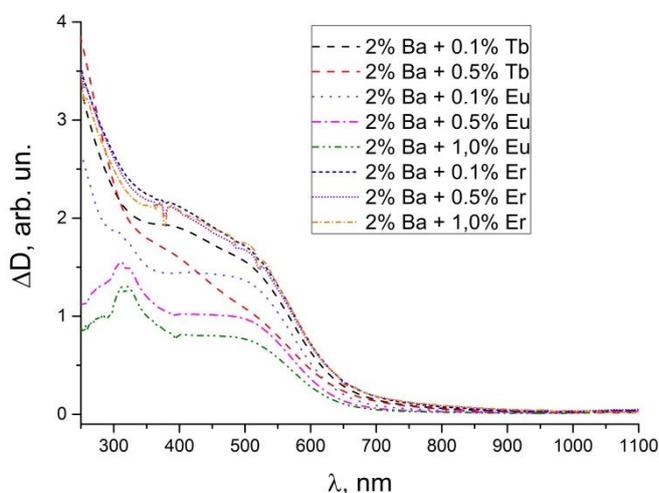


Рис. 1 Спектры наведенного поглощения. Доза облучения $2 \cdot 10^6$ Р. Из [2,3] известно, что центры окраски электронной природы ответственны за полосы с максимумами в области 380, 570 и 630 нм

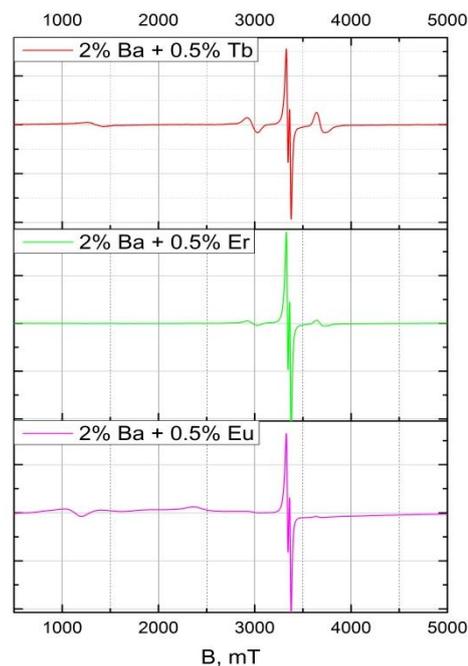


Рис. 2 ЭПР спектры, содержание активаторов 0,5 мол. %

Анализ спектров, представленных на рис. 2 показывает, что в присутствии ионов Tb^{3+} наблюдается ослабление интенсивности ЭПР – поглощения дырочных ПМЦ PO_4^{2-} с константой СТС A^I , а в присутствии Eu^{3+} уменьшается интенсивность дублета линий с константой СТС A^{II} , принадлежащего электронным центрам PO_4^{2-} . Полученные результаты коррелируют с результатами анализа спектров наведенного оптического поглощения и спектров КР. В последних обнаружены полосы в области 380 см^{-1} и 560 см^{-1} приписываемые группировкам $[AlF_6^{3-}]$, а также слабая полоса в области 980 см^{-1} соответствующая ортофосфатным группировкам. Нельзя исключать так же присутствие полосы в области 1050 см^{-1} , приписываемую пирофосфатным группировкам.

Также было установлено, что редкоземельные ионы в концентрации не превышающей 0,1 мол. % встраиваются преимущественно в фосфатную составляющую, при этом основными структурными группировками являются $[AlF_6^{3-}]$.

Литература

1. Клинков В.А., Бочарова Т.В. Системы на основе фторалюминатных стекол с малыми добавками фосфатов, активированных фторидами редкоземельных элементов, обладающих малым рассеянием// Научно-практическая конференция с международным участием «42 неделя науки в СПбГПУ». Сборник, Россия, Санкт-Петербург, Изд-во Политехн. ун-та 2014. Стр. 147-148.
2. Бочарова Т.В., Карапетян Г.О., Миронов А.М., Мищенко Н.М., Тагильцева Н.О. Радиационные и пострadiационные процессы во фторалюминатных стеклах// Неорганические материалы. - 2006 .- Т. 42, № 6. - С. 741-751.
3. Бочарова Т.В., Карапетян Г.О., Шелехин Ю.Л. Парамагнитные центры в γ -облученных активированных фосфатных стеклах// Физика и химия стекла.- 1985.- Т.11, №2. - С.233-237.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОСАЖДЕНИЯ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ТОНКИХ ПЛЕНОК МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ PECVD

В. Л. Кошевой¹, В. С. Левицкий^{1,2}, В. П. Афанасьев^{1,2}

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

²*Научно-технический центр тонкопленочных технологий*

Кремний является одним из основных материалов, используемых в производстве солнечных элементов. В зависимости от структуры используемых материалов солнечные элементы (СЭ) на основе кремния могут подразделяться на поликристаллические, микрокристаллические и аморфные. Кремний широко используется в tandemных солнечных модулях. При производстве модулей по tandemной технологии используется два слоя пленок - тонкая пленка из аморфного кремния и микро прозрачная кремниевая пленка. Слой аморфного кремния преобразует в электрическую энергию видимую часть спектра солнца, а микро прозрачная пленка преобразует энергию солнца невидимого инфракрасного спектра. При этом все используемые в производстве материалы нетоксичны, легкодоступны, и имеют более низкую стоимость производства.

В настоящий момент СЭ на основе аморфного гидрогенизированного кремния ($a\text{-Si:H}$) являются наиболее перспективными для промышленного производства. К достоинствам $a\text{-Si:H}$ относятся: 1) дешевизна устройств на его основе и их технологическая совместимость с устройствами на основе монокристаллического кремния ($c\text{-Si}$); 2) возможность получения тонких пленок практически на любых подложках — в отношении, как материала, так и геометрических размеров; 3) радиационная стойкость, обеспечивающая стабильную работу приборов в условиях воздействия жесткого ионизирующего излучения; 4) более высокие по сравнению с монокристаллическим кремнием коэффициент поглощения и фоточувствительность, обусловленные разупорядоченностью структуры $a\text{-Si:H}$ и наличием в ней связей кремний-водород.

Так как аморфный кремний имеет много оборванных связей, пассивация их водородом, обеспечивает уменьшение плотности состояний в запрещенной зоне, что приводит к увеличению оптического поглощения $a\text{-Si:H}$ в 20 раз по сравнению с оптическим поглощением в кристаллическом

кремнии. Характер оптического поглощения в a-Si:H напоминает характеристику кристалла с прямозонной структурой при ширине запрещенной зоны 1,6 - 1,7 эВ. В пленках a-Si:H имеет место эффект ударной ионизации, что обуславливает их высокую фоточувствительность в области УФ излучения.

Используемый метод создания материалов (PECVD) является холодным методом, так как температура осаждения ($T_c < 350$ °C), что в свою очередь увеличивает качество плёнок за счёт уменьшения дефектов и увеличения концентрации водорода в материале. Диффузия водорода из материала может снижать срок службы солнечных батарей на основе a-Si:H.

Целью работы являлось исследование зависимости фазового состава тонких пленок микрокристаллического кремния от технологических параметров осаждения.

Методом PECVD были получены тонкие плёнки микрокристаллического кремния, проведена диагностика фазового состава, оценка степени кристалличности и общая равномерность полученных слоев методом Рамановской спектроскопии. Результаты исследования показывают, что управляя такими техническими параметрами как давление, мощность разряда и разбавление водородом можно получать плёнки с параметром кристалличности от 50 % до 70 %.

Результаты исследования показали, что при увеличении давления в камере значение параметра кристалличности полученных слоев изменяется нелинейно. Максимум достигается при давлении 2.5 мбар, а минимум при 3.5 мбар. Увеличение потока SiH₄ ведёт к линейному снижению кристалличности плёнки. Увеличение мощности разряда и температуры подложки при осаждении ведёт к увеличению кристалличности.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ ИК – СПЕКТРОСКОПИИ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ZnO

А. А. Кудашов, И. А. Аверин, П. М. Трофимов, А. А. Карманов, И.А. Пронин

Пензенский государственный университет

Существуют различные технологии утилизации фармацевтической продукции имеющие ряд недостатков, но одним общим и главным недостатком является загрязнение окружающей среды, для устранения недостатка предложена методика фотокаталистического разложения фармацевтических препаратов [1-5].

Фотокаталитическое окисление является очень перспективной технологией для утилизации фармацевтических препаратов, очистки воздуха и воды. Огромное внимание уделяется возможности использования солнечного света, т.к. это не требует никаких энергетических затрат. Причем полное окисление органических загрязнителей до воды и углекислого газа протекает при температуре окружающей среды. Самыми изучаемыми фотокатализаторами являются диоксид титана и диоксид цинка, которые имеют достаточно широкую запрещенную зону ($E_{g(\text{анатаз})} = 3,2$ эВ; $E_{g(\text{рутил})} = 3,0$ эВ) и способны поглощать только УФ - свет. Во время этого процесса происходит воздействие ультрафиолетовых лучей на катализатор, такой, как двуокись цинка, в результате образуются гидроксильные радикалы (ОН), которые очень реактивны и могут окислять или расщеплять сложные химические соединения (рисунок 1) [4-7].

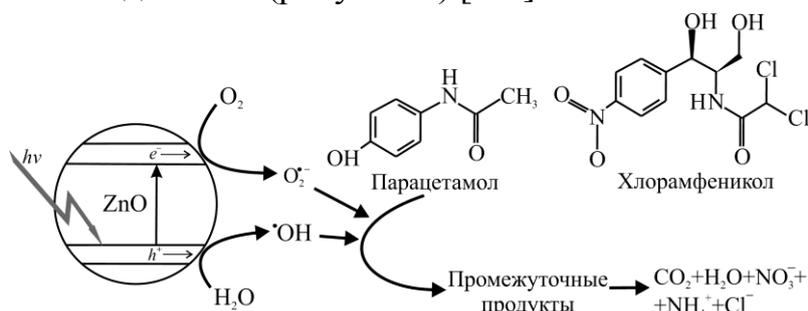


Рисунок 1 - Схема фотодеградациии парацетамола

Методами ИК спектроскопии изучены процессы адсорбции серии образцов ZnO, полученные методом осаждения. Результаты спектроскопии представлены на рисунке 2. Образцы в виде пасты, приготовленной путем

тщательного растирания твердого порошка с вазелиновым маслом, помещаются в виде тонкого слоя между пластинами из KBr [5-9].

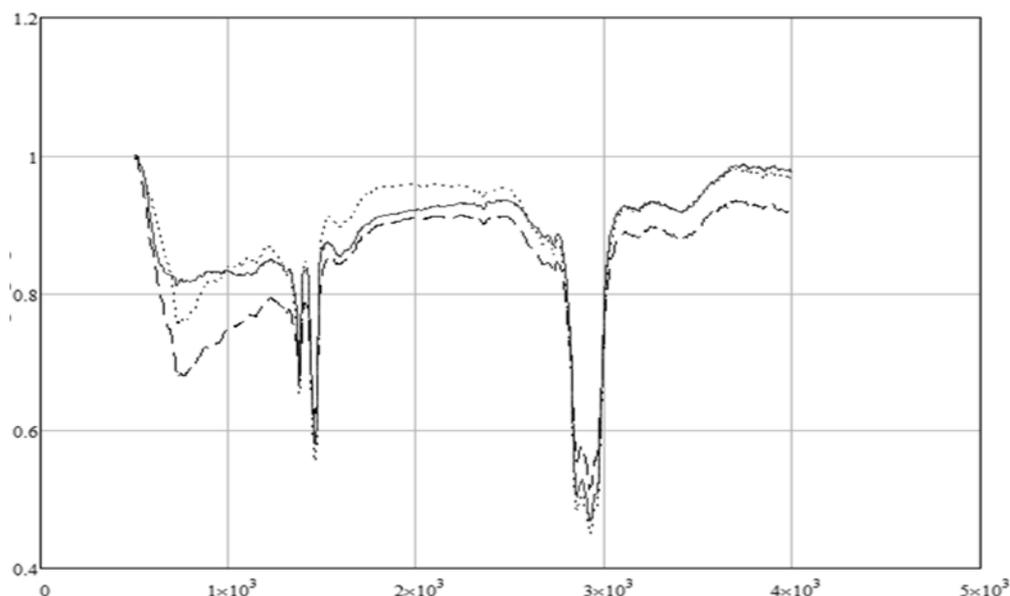


Рисунок 2 – Спектры
— при $T=350$, ••• при $T=450$, - - - при $T=550$

Из анализа полученных спектров следует, что интенсивность пропускания падает, вследствие увеличения среднего размера частиц. Полученные спектры расшифрованы при помощи программного обеспечения *Zair*. Определенный молекулярный вес среднего размера частиц в зависимости от режимов получения, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Молекулярный вес среднего размера частиц

Т отжига, °С	Молекулярный вес
350	182,86
450	274.29
550	419.7

Из анализа зависимости относительной интенсивности пропускания от температуры и таблицы 1, следует, что наивысшей фотокаталитической активностью обладают наноструктурированные, порошки полученные при температуре отжига 350 °С, это связано с тем что при повышении температуры увеличивается размер кристаллов, что подтверждается в статье [10].

В ходе исследования установлена корреляция между фотокаталитической активностью образцов и режимами получения. Таким образом за счет варьирования режимов получения можно управлять фотокаталитической

активностью диоксида цинка, что позволяет расширить его сферу применения.

Литература

1. Аверин И.А., Аношкин Ю.В., Печерская Р.М. Исследование поверхности слоев резистивных структур на низкоразмерном уровне // Нано- и микросистемная техника. – 2010. – №1. – С. 25–26;
2. Аверин И.А., Карманов А.А., Печерская Р.М., Пронин И.А. Особенности синтеза и исследования нанокomпозиционных пленок, полученных методом золь-гель технологии // Известия вузов. Поволжский регион. Серия «Физико-математические науки», 2012. - №2 (22). - С.155-162;
3. Аверин И.А., Мошников В.А., Пронин И.А. Влияние типа и концентрации собственных дефектов на свойства структур диоксида олова // Нано- и микросистемная техника, 2013. – № 1. – С. 27–29;
4. Аверин И.А., Мошников В.А., Пронин И.А., Димитров Д.Ц. Чувствительность переходов $ZnO—ZnO:Fe$ к парам этанола // Датчики и системы, – 2013. - №6. – С. 60 – 63;
5. Аверин И.А., Мошников В.А., Пронин И.А., Димитров Д.Ц., Канева Н.В., Божинова А.С., Папазова К.И. Фотокаталитическое окисление фармацевтических препаратов на тонких наноструктурированных пленках оксида цинка // Кинетика и катализ, 2014. – Т.55. – №2. – С.176–180;
6. Averin I.A., Pronin I.A., Kaneva N.V., Bozhinova A.S., Papazova K.I., Dimitrov D.Ts., Moshnikov V.A. Photocatalytic oxidation of pharmaceuticals on thin nanostructured zinc oxide films // Kinetics and Catalysis, 2014. – Vol. 55. – No. 2. – P. 167–171;
7. Аверин И.А., Пронин И.А., Донкова Б.В., Димитров Д.Ц., Пенчева Ж.А., Мошников В.А. Взаимосвязь фотокаталитических и фотолюминесцентных свойств оксида цинка, легированного медью и марганцем // Физика и техника полупроводников, 2014. – Т. 48. – Вып. 7. – С.868–874;
8. Аверин И.А., Сигаев А.П., Карманов А.А., Пронин И.А., Игошина С.Е., Кудашов А.А. Влияние отжига на качественный состав нано-структурированных материалов на основе SiO_2 , $SiO_2 - SNO_2$, $SiO_2-SNO_2-IN_2O_3$ // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2014. - Т. 2. - С. 133-136;
9. Кудашов А.А. Исследование структурных параметров композиционных материалов методом рентгенодифракционного анализа // Молодой ученый. 2014. - № 18. - С. 243-246;
10. Кудашов А.А., Аверин И.А., Пронин И.А., Игошина С.Е., Карманов А.А. Исследование фотокаталитической активности наноструктурированных порошков ZnO // Сб. статей XVIII Международной научно-методической конференции: Университетское образование, 2014. - С.523–525.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПЛЕНОК ОКСИДА ЦИНКА МЕТОДОМ ТУННЕЛЬНОЙ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Н. А. Лашкова, Н. В. Пермяков

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

Актуальность данной работы обусловлена эффективностью проведения электрофизических испытаний наноструктурированных материалов в локальных областях исследуемой поверхности [1]. Основой этих испытаний является измерение вольт-амперных характеристик (ВАХ), которые дают информацию о значении энергетического зазора полупроводника, а также о типе его электропроводности.

Туннельная АСМ все более широко применяется при исследовании твердотельных наноструктур. Методом туннельной АСМ возможно исследование полупроводниковых структур, покрытых естественным окислом, а также структур, поверхность которых имеет непроводящие участки [2].

Как правило, при построении ВАХ удается получить информацию о ширине запрещенной зоны естественного оксида [3] или о ширине запрещенной зоны полупроводникового материала. Однако при измерении ВАХ может происходить нарушение кристаллической структуры материала из-за деформации или теплового воздействия при протекании тока, что приводит к невоспроизводимости ВАХ [4].

Целью данной работы являлась разработка методик анализа ВАХ, характеризующихся воспроизводимостью и применение к исследованию полупроводниковых нанокompозитных материалов. Поставленная цель достигается путем получения серии АСМ-изображений выделенной площади в токовом аналитическом сигнале. При этом, каждый из последующих наборов *топография – карта тока* получается при последовательно изменяющемся потенциале от -4 В до +4 В. В специально созданном ПО производится пересчет зависимости тока от приложенного потенциала на острие зонда для каждой выделенной области.

В целом, алгоритм методики косвенного построения ВАХ можно свести к пяти этапам:

1. Проведение измерений в режиме отображения сопротивления растекания;
2. Экспорт данных в текстовый формат;
3. Совмещение АСМ-данных;
4. Выбор точки на топографии;
5. Построение ВАХ.

Набор карт распределения тока позволяет построить ВАХ в любой точке топографического изображения, а каждое сканирование используется как отдельная точка ВАХ.

Были исследованы полученные методом спрей-пиролиза тонкие пленки нелегированного ZnO и ZnO, легированного Al.

Исследования проводились с помощью растрового электронного микроскопа TESCAN MIRA LMU и сканирующего зондового микроскопа Ntegra Thermo. Для проведения исследований материалов с различными свойствами предъявляются специальные требования к рабочим параметрам зондов и методикам на основе АСМ [5], поэтому в работе использовались зондовые датчики с алмазоподобным покрытием DCP11 (радиус закругления зонда ~100 нм).

Создан виртуальный прибор в среде LabVIEW, который совмещает массивы данных, полученные при различных напряжениях, и позволяет косвенно построить ВАХ для каждой точки исследованной поверхности.

Разработана новая методика, обеспечивающая оценку энергетической зонной структуры поверхностных слоев путем построения ВАХ из совокупности распределения токов по выбранному участку поверхности образца. Разработанная методика применима для анализа широкого класса материалов, которые при традиционных методах измерения разрушаются из-за механических или термомеханических напряжений.

Результаты работы могут быть полезны при проведении исследовательских работ в области наноструктурированных полупроводниковых материалов для получения ВАХ на тех образцах, где локальные измерения приводят к перегреву области протекания тока и отсутствию воспроизводимости измерений.

Работа выполнена в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности №16.2112.2014/К.

Литература

1. Спивак Ю. М. Анализ фотоприемных монокристаллических и поликристаллических слоев на основе халькогенидов свинца методами атомно-силовой микроскопии: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. / СПб, 2008. – 16 с.
2. Филатов Д. О. Туннельная атомно-силовая микроскопия твердотельных наноструктур: Автореф. дис. ... докт. физ.-мат. наук. Нижний Новгород, 2013. – 36 с.
3. Спивак Ю. М., Мошников В. А. Особенности строения фоточувствительных поликристаллических слоев сетчатого типа на основе PbCdSe // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2010. – №1. – С.97-102.
4. Лашкова Н. А., Пермяков Н. В. Исследование полупроводниковых материалов методом микроскопии сопротивления растекания // Молодой ученый. – 2014. – № 10 (69). – С. 32-35.
5. Пермяков Н. В. Расширение функциональных возможностей зондов атомно-силовых микроскопов электрохимическими методами // Молодой ученый. – 2012. – №12. – С. 10-14.

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИМИ КРАСИТЕЛЯМИ НА ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ

*А. С. Леншин, П. В. Середин, В. М. Каишкарров, Д. А. Минаков, Н. А. Комаров,
И. Е. Кавецкая*

Воронежский государственный университет

Материалы для нанофотоники на основе пористого кремния, пропитанного растворами органических красителей, представляют большой интерес для современной техники обработки оптических сигналов. Соединение столь разнородных веществ в единый композитный материал позволяет получить серьезные преимущества по сравнению с исходными компонентами – это и широкая возможность выбора органических красителей с самыми разными оптическими свойствами, излучающих в широком спектральном диапазоне, легкость введения красителей в неорганическую матрицу.

С другой стороны, сама матрица обеспечивает возможность закрепления молекул красителя в определенном пространственном положении, а возможность получения пор разного размера позволяет добиваться того, чтобы молекулы красителя практически не взаимодействовали между собой и собственно с растворителем. В результате можно ожидать существенного роста интенсивности флуоресцентного излучения молекул красителя, помещенных в неорганическую матрицу, поскольку в этом случае исключается взаимное влияние молекул красителя.

Наличие усиления интенсивности излучения красителя при условии изоляции его молекул друг от друга подтверждено экспериментально. В то же время при проведении экспериментов по фотолюминесценции с внедрением органического красителя в пористый кремний необходимо учитывать возможность возбуждения излучения в самом материале матрицы. Поверхность свежеполученного пористого кремния является химически активной – она содержит в достаточно большом количестве связи типа Si-H и Si-OH, а также оборванные связи кремния. В результате молекулы красителя, адсорбированные на поверхности пор, могут вступать в химическое взаимодействие с пористым кремнием (явление хемосорбции). Из-

менение химического состояния молекул красителя должно приводить к изменениям в спектре фотолюминесценции.

Кроме того, под действием потока стимулирующего фотолюминесценцию излучения в порах могут происходить различные процессы, приводящие к десорбции молекул красителя или к стимуляции протекания химических реакций. Таким образом, вопросы стабильности молекул красителя при использовании композитов типа ПК-краситель могут играть важную роль при создании фотопреобразователей излучения и при разработке светоизлучающих приборов на их основе.

Инфракрасные спектры поглощения для образцов с различным размером пор были получены на ИК-Фурье спектрометры VERTEX 70 фирмы BRUKER. Оказалось, в образцах макро пористого кремния количество связей Si-H_n и Si-O-Si на поверхности существенно меньше, чем в образцах микропористого кремния

В работе проведено исследование особенностей фотолюминесценции молекул красителя в зависимости от размера пор в пористом кремнии для мезо и макропористого кремния. Благодаря данным ФЛ подтверждено осаждение красителя Родамин-Б на поверхность образцов и определены оптимальные технологические условия осаждения. Образцы при возбуждении с длинами волн 405 и 532 проявили достаточно интенсивную ФЛ, характерную как для родамина (положение пика Фл ~ 530 нм), так и для пористого кремния (положение пика Фл ~ 650 нм).

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания ВУЗам в сфере научной деятельности на 2014-2016 годы. (Проект №740, Задание №3.130.2014/К) и Гранта Президента РФ МК-4535.2014.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ПРОПУСКАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТРИЦ, СЕНСИБИЛИЗИРОВАННЫХ ФУЛЛЕРЕНОМ C₇₀ И КРАСИТЕЛЕМ МАЛАХИТОВЫЙ ЗЕЛЕНЫЙ

С. В. Лихоманова^{1,2}, Н. В. Каманина^{1,3}

¹*Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова*

²*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики «ИТМО»*

³*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)*

Проблема оптического ограничения лазерного излучения своевременна, хотя и решается с момента изобретения лазера. Однако, несмотря на длительный срок рассмотрения сопутствующих задач, актуальность данной проблемы не изменяется. Современный подход к решению ограничения лазерного излучения заключается в создании устройств, меняющих свои оптические свойства при воздействии лазерного излучения.

В качестве современных нелинейно-оптических материалов для создания ограничителей лазерного излучения рассматриваются углеродные наночастицы: фуллерены, шунгиты, нанотрубки. С целью дальнейшего расширения числа наноструктур, в данной работе были исследованы спектры пропускания растворов в толуоле молекулярной системы COANP, сенсibilизированной красителем малахитовый зеленый и фуллереном C₇₀ с различной концентрацией.

В работе были измерены спектры пропускания 1%-ных растворов в толуоле чистой матрицы COANP и сенсibilизированной красителем малахитовый зеленый в концентрации 0.1 вес.% и 1 вес.%, а также фуллереном C₇₀ (0.1 вес.% и 0.5 вес.%).

На рис. 1 представлены спектры пропускания исследуемых растворов. Из приведенного графика видно, что добавление молекул фуллерена C₇₀ в молекулы COANP приводит к смещению максимума в более длинноволновую область спектра.

Данный батохромный сдвиг может быть объяснен образованием межмолекулярного комплекса с переносом заряда (КПЗ). Согласно предыдущим работам [1-4], при добавлении в π-сопряженную органическую матрицу углеродных наночастиц с большим сродством к электрону, чем внут-

римолекулярный акцепторный фрагмент, происходит образование КПЗ между органической молекулой и углеродной наночастицей.

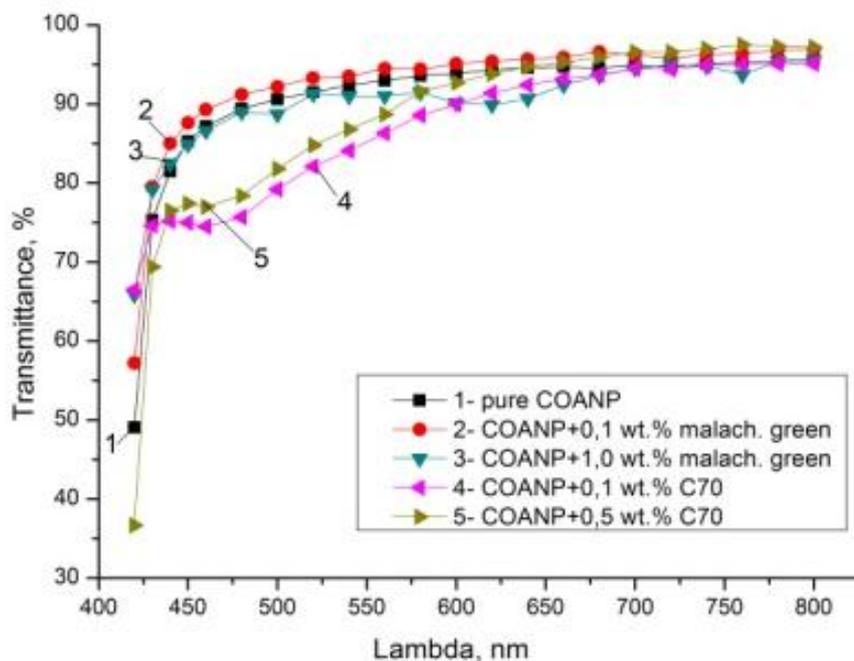


Рис.1 Спектры пропускания 1%-ных растворов в толуоле: 1 – чистой мол. COANP, 2 - COANP+0,1 вес.% малахитового зеленого, 3 - COANP+1,0 вес.% малахитового зеленого, 4- COANP+0,1 вес.% C₇₀, 5- COANP+0,5 вес.% C₇₀

Энергия сродства к электрону акцепторной части (NO₂) молекулы COANP составляет 0,4-0,5 эВ. В случае с фуллереном C₇₀ энергия сродства к электрону – 2,65 эВ, что позволяет при взаимодействии с донорной частью молекулы COANP (NH-группой) образовывать межмолекулярный КПЗ, при этом молекула фуллерена способна делокализовать вблизи более 6 электронов [5]. Кроме этого, за счет того, что расстояние между донорной и акцепторной частью увеличивается, по сравнению с тем же расстоянием внутри молекулы COANP, то увеличивается и дипольный момент в среде. Увеличение дипольного момента влияет на рост нелинейной восприимчивости третьего порядка и показателя преломления, среда при этом проявляет свойства нелинейности. Учитывая квадратичную зависимость между дипольным моментом и сечением поглощения, можно предположить, что сечение поглощения с возбужденного состояния образовавшегося межмолекулярного комплекса также больше сечения поглощения с его основного состояния. Это, в свою очередь, приводит к увеличению эффективности второго из рассматриваемых для данных сред механизмов ограничения лазерного излучения - обратному насыщенному поглощению

(RSA). RSA основан на разнице в сечениях поглощения возбужденного и невозбужденного состояния молекулы фуллерена. Так сечение поглощения с возбужденного синглет-триплетного состояния превосходит таковое с невозбужденного состояния, что приводит к росту населенности возбужденного уровня при увеличении падающей лазерной энергии и поглощение системы растет.

Таким образом, в данной работе были получены спектральные характеристики композитной структуры, которые априори подтверждают перспективу применения сенсibilизированной COANP-системы для ограничения.

Работа выполнена в отделе «Фотофизика сред с нанообъектами» ОАО «ГОИ им. С.И. Вавилова» и поддержана грантами РФФИ №13-03-00044 (2013-2015), проектом “BIOMOLEC” по FP7 Program, Marie Curie Action – по европейской программе обмена научными кадрами, а также работой в рамках ОКР “Нанокоатинг-ГОИ”.

Литература

1. Каманина Н.В., Плеханов А.И. Механизмы ограничения оптического излучения в фуллеренсодержащих π -сопряженных органических структурах на примере молекул полиимида и COANP // Оптика и спектроскопия. – 2002. - Т. 93. - № 3. - С. 443-452.
2. Likhomanova S.V., Kamanina N.V. Mechanisms of optical limiting in a COANP solution containing fullerenes C70: Applicability for the optoelectronics devices // Short Communication in Processing and Application of Ceramics. – 2011. - V. 5. - № 4. – P. 229–231.
3. Лихоманова С.В., Каманина Н.В. Механизмы нелинейного пропускания излучения в растворах и тонких пленках системы: 2-циклооктиламин-5-нитропиридин – C₇₀ // Письма в ЖТФ. – 2012. – Т. 38, № 9. – С. 59-64.
4. Шурпо Н.А., Лихоманова С.В., Серов С.В., Баринов О.В., Борковский М.Ф., Кузачков П.В., Тимонин Д.Н., Кухарчик А.А., Каманина Н.В. Наноструктурированные материалы: перспективы практического использования // Вестник РГАТУ. – 2012. - № 2 (23). - С. 34-37.
5. Brabec C. J., Padinger F., Sariciftci N. S. Photovoltaic properties of conjugated polymer/methanofullerene composites embedded in a polystyrene matrix // Journal Of Applied Physics. – 1999. - V. 85. - № 9. - P. 6866-6872.

БИОМАРКЕРЫ НА ОСНОВЕ КОЛЛОИДНЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК ДЛЯ ПОИСКОВЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Д. С. Мазинг¹, Л. Б. Матюшкин¹, О. А. Александрова¹, А. О. Дробинцева^{1,2}, И. М. Кветной^{1,2}, Ю. С. Крылова^{1,2}, В. А. Мошников¹, С. Ф. Мусихин^{1,3}, В. О. Полякова^{1,2},
О. А. Рыжов¹*

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

²*Научно-исследовательский институт акушерства, гинекологии и репродуктологии
им. Д.О. Отта*

³*Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

Полупроводниковые коллоидные квантовые точки обладают рядом уникальных свойств, которые делают перспективным их использование в качестве люминесцентных меток для флуоресцентной микроскопии и биосенсорики [1, 2]. Это, прежде всего, возможность регулировать полосу излучения за счет изменения размеров нанокристаллов, высокая яркость и сравнительно узкая полоса фотолюминесценции, широкие возможности для специфической функционализации поверхности. Важными преимуществами полупроводниковых частиц по сравнению с органическими флуорофорами являются более высокая фотостабильность и протяженная полоса поглощения, позволяющая возбуждать нанокристаллы различного размера одним источником возбуждения, облегчая, тем самым, проведение многоцветной детекции.

С момента появления метода горячей инъекции для получения полупроводниковых нанокристаллов в органических средах [3] методики коллоидной химии развивались в сторону снижения стоимости и замены токсичных и нестабильных на воздухе компонентов. Принимая во внимание, что для биомедицинских применений поверхность нанокристаллов должна быть гидрофильной, интерес представляет синтез наночастиц непосредственно в водной среде. Нами были синтезированы квантовые точки селенида кадмия, покрытые двумя различными стабилизаторами – меркаптопропионовой кислотой и аминокислотой L-цистеином. В качестве прекурсора селена использовался раствор гидроселенида натрия, источником кадмия выступал раствор хлорида кадмия. Средний размер нанокристаллов не превышал 2 нм, а гидродинамический размер с учетом стабилизатора – 3

нм. Для совмещения с питательной средой клеток получаемые нанокристаллы очищались от исходного раствора путем добавления осадителя с последующим центрифугированием и переводились в фосфатно-солевой буферный раствор.

Было показано, что частицы, стабилизированные цистеином, не проявляют значительной цитотоксичности по отношению к опухолевым и нормальным клеткам человека. При этом по сравнению с частицами, стабилизированными меркаптопропионовой кислотой, нанокристаллы покрытые цистеином проявляют лучшую фотоустойчивость в питательной среде и способны к неспецифичному проникновению внутрь клеток.

Для осуществления специфического детектирования должно быть осуществлено связывание квантовых точек с соответствующими антителами. Это может быть реализовано при помощи карбодиимидного метода (EDC/NHS – химия), который позволяет, к примеру, связать аминокгруппу протеина с карбоксильной группой на поверхности частицы с образованием амидного мостика.

Задача солюбилизации нанокристаллов, полученных в неполярных средах может быть решена следующими путями:

1) Прямая замена гидрофобных лигандов на гидрофильные (например, на меркаптокислоты).

2) Солюбилизация за счет использования амфифильных полимеров. Преимуществом второго подхода является сохранение исходной органической оболочки и, как следствие, фотолюминесцентных свойств частиц, недостатком – большой гидродинамический радиус такой биометки.

При биоконъюгировании полупроводниковых нанокристаллов также могут быть применены полимеры семейства полиэтиленгликолей с различными функциональными группами или оболочки из диоксида кремния. Такие подходы позволяют сделать биометки более нейтральными по отношению к клеточным культурам, дополнительно повышая агрегативную устойчивость и стабильность фотолюминесценции.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-15-00324).

Литература

1. Мошников В. А., Александрова О. А., Дробинцева А. О., Кветной И. М., Крылова Ю. С., Мазинг Д. С., Матюшкин Л. Б., Мусихин С. Ф., Полякова В. О., Рыжов О. А. От ла-

зерной оптической микроскопии до флуоресцентной микроскопии высокого разрешения. Коллоидные квантовые точки - биомаркеры в поисковых научных исследованиях // Биотехносфера. 2014, №6. С.16-30.

2. Мусихин С. Ф., Александрова О. А., Лучинин В. В., Максимов А. И., Матюшкин Л. Б., Мошников В. А. Полупроводниковые коллоидные наночастицы в биологии и медицине// Биотехносфера. 2012. №5–6. С. 40–48.

3. Murray C. B., Norris D. J., Bawendi M. G. Synthesis and Characterization of Nearly Monodisperse CdE (E = S, Se, Te) Semiconductor Nanocrystallites // Journal of the American Chemical Society. 1993. Vol.115. P.8706–8715.

ШЕЙПИНГ МАКРОПОРИСТОГО КРЕМНИЯ И ЕГО МОДИФИКАЦИЙ

Н. Р. Нигмадзянова, Г. В. Алдашкин

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

Высокоаспектные структуры макропористого кремния широко применяются для решения различных задач микро-наноэлектроники, для изготовления фотонных кристаллов, солнечных элементов, электродов для литий-ионных аккумуляторов [1]. Также этот материал нашёл применение в биомедицине [2]. С его помощью существенно упростилась локальная доставка лекарственных препаратов в организме человека [3].

В зависимости от формы пор и их размера пористый кремний может проявлять различные свойства. Для изменения геометрических параметров пор применяется дополнительная обработка (шейпинг). Для этого используют термическое окисление с последующим растворением окисла [4] или изотропное [5] и анизотропное [6] травление.

Анизотропное травление даёт уникальную возможность получения объёмных микрогеометрических периодических структур с монодисперсными стенками, ограниченными одним типом кристаллографических плоскостей. Например, структуры с высоким соотношением глубины каналов к их ширине применяются для изготовления отрицательных электродов литий-ионных аккумуляторов [7].

При анизотропном шейпинге макропористый кремний изготавливают на пластинах ориентированных в пространстве в направлении (100). Это связано с характерным направлением роста макропор при анодировании. Типы решёток, которые получаются при таком травлении бывают двух видов: квадратная и гексагональная. В квадратном типе решётки при ориентации вектора обратной решётки вдоль направления [110] структура может принять вид сетки или систему прямоугольных столбцов. В гексагональном типе решётки при ориентации вектора обратной решётки вдоль направления [110] структура может принять вид зигзагов или систему прямоугольных столбиков. Для получения определенного типа структуры с огранкой заданными плоскостями требуется правильно выбрать ориентацию рисунка фотошаблона относительно кристаллографических направлений, подходящий анизотропный травитель, условия обработки и пористость исходного макропористого кремния. Структуры, образованные плос-

костями (110), получить легче, чем те, что образованы плоскостями (100), так как исходная форма пор после анодирования несколько отличается от круглой. В первом случае намечающуюся огранку остается только усилить, а во втором случае преодолеть.

Таким образом, с помощью шейпинга макропористого кремния можно изменить форму сечения макропоры на квадратную и изготовить различные высокоаспектные структуры. Шейпинг является удобным способом формирования макропористых структур различной архитектуры [1]

Литература:

1. Астрова Е.В. Анизотропный шейпинг макропористого кремния / Е.В. Астрова, А.В. Парфеньева, Г.В. Ли, Ю.А. Жарова // Физика и техника полупроводников. - 2015. Т. 49, вып. 4. - С. 561-563.
2. Нигмадзянова Н.Р. Получение и исследование порошков на основе пористого кремния для применения в биомедицине / Н. Р. Нигмадзянова // Молодой ученый. — 2015. — №1. — С. 83-87.
3. Спивак Ю.М. Получение пористого кремния для применения в адресной доставке лекарств / Ю.М. Спивак, Н.Р. Нигмадзянова // Молодой ученый. — 2014. — №10. — С. 208-212.
4. T. Trifonov, M. Garín, A. Rodríguez, L.F. Marsal, R. Alcubilla. Phys. Status Solidi A, 204, 3237 (2007).
5. H. Foll, J. Carstensen, E. Ossei-Wusu, A. Cojocar, E. Quiroga-Gonzalez, G. Neumann. J. Electrochem. Soc., 158, A580 (2011).
6. V. Lehmann. Phys. Status Solidi A, 204, 1318 (2007).
7. Ли Г.В. Трансформация структуры анодов из макропористого кремния в результате процессов циклического литирования / Г.В. Ли, Т.Л. Кулова, В.А. Толмачев, А.В. Черниенко, М.А. Баранов, С.И. Павлов, Е.В. Астрова, А.М. Скундин. // Физика и техника полупроводников. - 2013. Т. 47, С. 1288.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ МДМ-СТРУКТУРЕ НА ОСНОВЕ Al_2O_3 МЕ- ТОДОМ РЕНТГЕНОВСКОГО ЭНЕРГОДИСПЕРСИОННОГО МИК- РОАНАЛИЗА

Н. В. Пермяков¹, А. В. Ермачихин², В. Г. Литвинов², Н. Б. Рыбин²

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

²*Рязанский государственный радиотехнический университет*

Структуры типа металл – диэлектрик – металл (МДМ) перспективны для создания мемристорных элементов, в связи с этим представляет интерес изучение особенностей деградации МДМ структур, что важно для отработки технологии и конструкции готовых полупроводниковых приборов. В данной работе исследовалась тонкопленочная структура получена по технологии атомно-слоевого осаждения (ALD). На подложке кремния сформирован слой хрома толщиной 150 нм, затем по технологии ALD сформирован слой Al_2O_3 толщиной 26 нм. Контакты, диаметром 1 мм, сформированы из золота на подслое тантала на поверхности пленки Al_2O_3 .

Для изучения особенностей деградации МДМ-структуры в результате пробоя при приложении электрического напряжения к структуре были проведены исследования химического состава образца методом рентгеновского энергодисперсионного микроанализа. Измерения проводились в следующих режимах: энергия электронного пучка 15 кэВ, ток 17 мкА, мертвое время 20 %, время исследования 5 мин. Карты распределения химических элементов по поверхности образца представлены на рис. 1.

Из рисунка видно, что приложение напряжения привело к частичному разрушению пленок Cr и Al_2O_3 . Кроме того, в месте пробоя существенно возросло содержание кислорода (рис. 1, б), что может говорить о окислении пленки Cr (светлые участки на рисунках 1, б и 1, г совпадают).

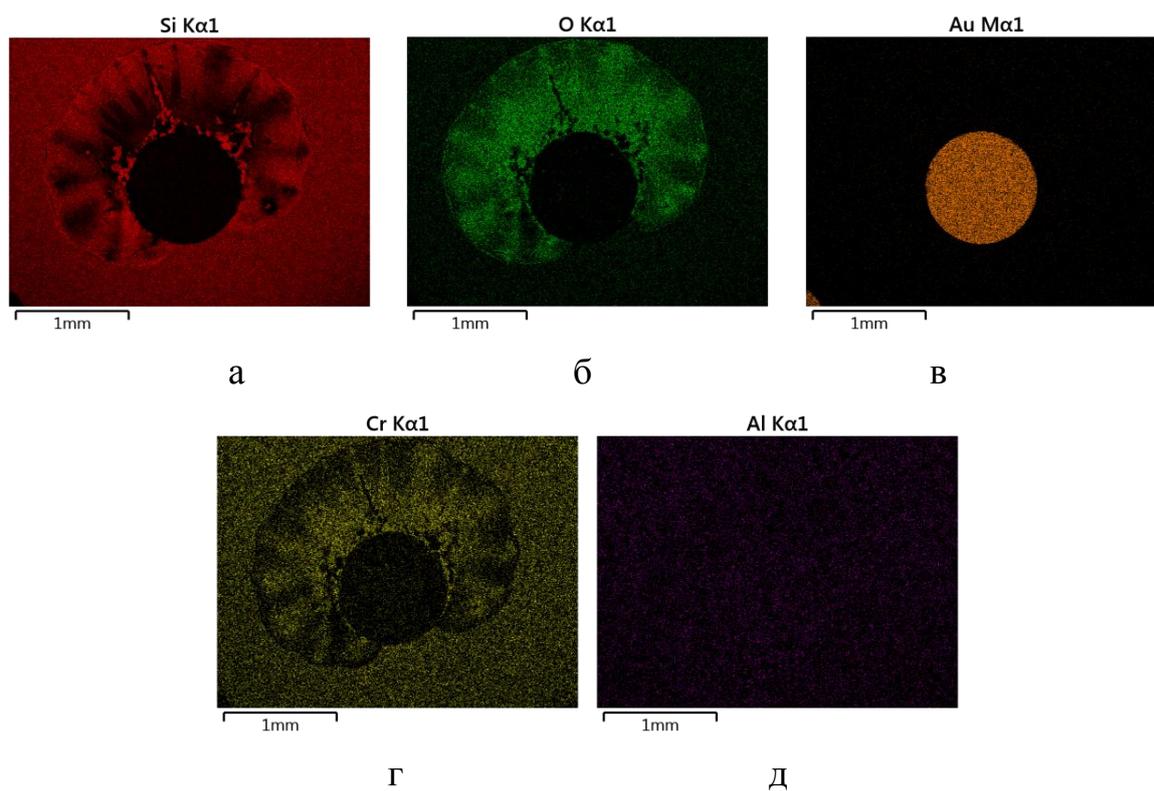


Рис. 1. Карты распределения химических элементов на поверхности образца: а – Si; б – O; в – Au; г – Cr; д – Al

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в НОЦ ННМУ на оборудовании РЦЗМкп при ФГБОУ ВПО «РГРТУ».

ПОЛУЧЕНИЕ ПЛЕНОК ОКСИДОВ ЦИНКА И МЕДИ МЕТОДОМ СПРЕЙ – ПИРОЛИЗА

А. А. Рябко, А. И. Максимов

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

Оксид цинка является перспективным материалом для формирования прозрачных проводящих покрытий, пассивирующих слоев, активных элементов ячеек солнечных модулей, а также активных элементов пьезоэлектрических устройств. С развитием нанотехнологий наблюдается резкое повышение интереса к оксиду цинка, на основе которого, могут быть созданы новые наноматериалы, обладающие уникальными свойствами [1]. Оксид цинка – это прямозонный полупроводник с шириной запрещенной зоны 3,2 эВ. Он обладает *n*-типом проводимости и большой энергией связи экситонов при комнатной температуре. Интерес к оксиду меди обусловлен перспективами его применения в устройствах солнечной энергетики нового поколения для формирования гетероперехода оксид меди – оксид цинка.

В данной работе были получены пленки оксидов цинка и меди методом спрей-пиролиза.

Пиролиз аэрозолей иначе спрей-пиролиз (англ. aerosol spray pyrolysis сокр., ASP) – метод получения порошков и тонких пленок, основанный на термическом разложении аэрозоля раствора, содержащего ионы синтезируемого материала в стехиометрическом соотношении. Спрей-пиролиз является простой методикой результатов, позволяющей получать тонкие пленки большой площади с высокой воспроизводимостью свойств. На процесс получения пленки влияет концентрация исходного раствора, температура подложки, скорость распыления раствора.

На нагревательном элементе расположены стеклянные подложки, на которые при помощи пневматического аэрографа происходит распыление раствора. Газ-носитель, которым в данной работе является воздух, подается при помощи компрессора через фильтр и регулятор давления. Распыляемый раствор поступает из делительной воронки объемом 250 мл. Диапазон изменения расстояний от сопла аэрографа до поверхности подложек составляет от 10 до 30 см. В наших экспериментах синтез образцов прово-

дился на расстояниях 15 и 30 см. В качестве распыляемого раствора были выбраны 0.1 М раствор ацетата цинка и 0,05 М раствор ацетата меди. Состав растворителя представляет собой смесь воды и изопропилового спирта в соотношении объемов 1:3. Для полного растворения использовалась уксусная кислота, доля которой составляла 0.01 от общего объема смеси. Для формирования пленок ZnO температура подложки устанавливалась на значении 380°C, так как оптимальным температурным диапазоном является 350–400°C. Давление устанавливалось 1.4 бара, при этом наблюдался наиболее однородный поток распыляемого раствора. Расход раствора составлял примерно 1 мл/мин. В отличие от формирования ZnO для осаждения пленок CuO использовалась температура 240°C. Были получены серии образцов с разным временем осаждения (2, 30, 60 мин.).

Структура и топография оксидных пленок исследовались с помощью растровой электронной микроскопии и атомно-силовой микроскопии. Спектры пленок получены на спектрофотометре видимого и УФ диапазона.

Пленка, полученная при двух минутах распыления, является однородной со сферической формой кристаллитов размером около 50-100 нм. С увеличением времени осаждения слоев ZnO увеличивается толщина пленок. По данным АСМ в таких пленках при расстоянии 15 см наблюдался перепад высот исследуемой области 0.36 мкм (30 мин.) и 0.7 мкм (60 мин.). А зерна представляют собой удлиненные образования с размерами 480 – 550 нм в длину (при 30 мин.). Отображение сопротивления растекания показало, что наибольшая проводимость наблюдается на межзеренных границах. Это может быть связано с разупорядочением кристаллической структуры на межзеренных контактах (повышенной концентрацией вакансий вблизи контакта). Как известно, вакансии кислорода в оксидных материалах обладают донорными свойствами, и увеличение концентрации вакансий приводит к увеличению проводимости в оксидах n – типа электропроводности.

Исследование спектров полученных пленок оксида цинка показало, что образцы являются прозрачными в видимом диапазоне, что позволяет их применять в качестве прозрачных электродов. Собственное оптическое поглощение в полученных пленках наблюдается при длинах волн в диапазоне 280 – 300 нм. Для оксида меди анализ спектров оптического пропуска-

ния света в диапазоне длин волн от 500 нм до 1000 нм показал, что наблюдаемая оптическая плотность образцов пропорциональна времени осаждения пленки. Это приводит к выводу, что толщина слоя оксида меди прямо пропорциональна времени работы установки спрей – пиролиза.

Особенностью получения слоя оксида цинка при расстоянии от сопла аэрографа до поверхности подложки 15 см является нестабильная температура поверхности подложки. При длительных экспериментах за счет эндотермической реакции пиролиза соединения цинка на поверхности подложки наблюдалось изменение температуры подложки до 320°C, что приводило к росту объемной пористой структуры формируемого слоя. При расстоянии 30 см уменьшение температуры ниже 350°C не наблюдалось.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-12-00327)

Литература

1. Z. Ali , D.J.Kang . ZnO Nanostructures: Current Status and Future Prospects In: Handbook of Functional Nanomaterials. V.2 Characterization and Reliability. NY: Nova Science Publ. Inc. V.2 , 461 (2014)

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОХОЖДЕНИЮ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ГЕЛИЯ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНЫ ПОРИСТОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Р. Ш. Самигуллин¹, Е. Н. Муратова¹, А. А. Шемухин²

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

² *Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова*

В последние годы стало активно исследоваться транспортировка пучков заряженных частиц [1]. Хотя данная задача не является широко распространенной, она имеет свое практически важное значение. Речь, прежде всего, идет об исследовании сложных для вакуума объектов (например, биологических) методами PIXE и RBS [2].

На взгляд авторов, перспективными для данной задачи являются нанокпиллярные структуры из пористого оксида алюминия (ПОА). Данные структуры позволяют выводить ионные пучки на воздух для проведения локального микроэлементного анализа.

В данной работе мембраны пористого оксида алюминия были получены методом электрохимического анодирования в однокамерной ячейке, обладающей возможностью контроля температуры [3]. Анодирование проводилось в потенциостатическом режиме в электролитах на основе растворов серной и фосфорной кислот (H_2SO_4 и H_3PO_4). Напряжение анодирования выбиралось из диапазонов 24...29 В и 100...130 В в зависимости от выбранного электролита [4].

Мембраны из ПОА могут также использоваться для того, чтобы расширить возможности РОР, а именно: могут послужить основой (шаблоном) для ионной нанолитографии, фокусирующей системой для заряженного пучка.

Актуальность применения данных мембран объясняется тем, что они обладают меньшим разбросом диаметра пор по сравнению с трековыми и полимерными мембранами. Мембраны пористого оксида алюминия обладают высокой проницаемостью и степенью однородности каналов по размерам. Одной из главных особенностей данного материала является то, что технология его производства является экономичной, быстрой и несложной.

Главной задачей данной работы было создание мембран на основе ПОА и исследование прохождения ионного пучка гелия через них.

Транспортировка пучков подразумевает важный режим, режим каналирования. В данном режиме частицы могут проходить большие расстояния с небольшими энергетическими потерями. Использование режима каналирования дает возможность уменьшить выход частиц рассеянных на основных атомах мишени и являющихся в данном случае нежелательным фоном. Благодаря этому, чувствительность метода может быть достаточно высока. Он позволяет зафиксировать в кристаллах легкие атомы примеси в количестве, равном 0,1 атомов в монослое[5].

Образцы из ПОА представляли собою пластины алюминия 15 мм на 15 мм с мембранами диаметром 5...10 мм. Данные мембраны исследовались с помощью растрового электронного микроскопа: толщина образцов составляет 15 мкм, диаметр пор 20 нм и больше, в зависимости от выбранного электролита. Экспериментально показано, что с помощью метода РОР можно анализировать качество структуры нанопористых мембран. Эксперименты по прохождению ионных пучков проводились на ускорительном комплексе АН-2500 в НИИЯФ МГУ. Было установлено, что коэффициент прохождения ионов через мембрану может превышать 60%. Данное условие обеспечивает функцию каналирования ионных пучков гелия с энергией 1,5-2 МэВ. Это делает перспективным для проведения RBS и PIXE анализа.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ на 2014-2015 гг., договор № НК 14-08-31609\14 от 10 февраля 2014 г.

Литература

1. А. А. Шемухин, Е. Н. Муратова. Исследование прохождения пучков 1.7 mev he⁺ через мембраны пористого оксида алюминия // Письма в ЖТФ. 2014. Т. 40. В.5 с. 67–75
2. Комаров Ф. Ф., Камышин А. С., Гришин П. А. Фокусировка ионных пучков диэлектрическими микро- и нанокapиллярными структурами // Журнал нано- и электронной физики, 2013, том 5, № 1, С.01015 (5с)
3. Пат. РФ № 122385 U1 / П. Г. Травкин, Е. Н. Соколова (Муратова), Ю. М. Спивак, В. А. Мошников; Электрохимическая ячейка для получения пористых анодных оксидов металлов и полупроводников; Оpubл. 27.11.2012 Бюл. № 33. МПК С25D11/00 (2006.01), С25D19/00 (2006.01). Решение о выдаче патента от 01.08.12 по заявке на полезную модель № 2012122692. Роспатент.

4. Муратова Е. Н., Спивак Ю. М., Мошников В. А. и др. // Физика и химия стекла, 2013, Том 39, №3, С. 473-480.
5. Горшков О.Н. Применение методов Резерфордского обратного рассеяния и ионно-индуцированного рентгеновского излучения для анализа элементного состава и структурного совершенства твердых тел.-Учебное пособие., Нижний Новгород, 2007.- 59 с.

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ СОЛЕЙ МЕТАЛЛОВ НА СИНТЕЗ НЕКОТОРЫХ 3,4-ДИГИДРОПИРИМИДИН-2-(1Н)-(ТИО)ОНОВ

Ж. Б. Сатпаева¹, Г. Ж. Карипова¹, А. Н. Жакупова², М. Е. Байтемирова²

¹*Институт органического синтеза и углекислотной химии Республики Казахстан*

²*Инновационный Евразийский университет, Павлодар, Казахстан*

4-Фенил-3,4-дигидропиримидин-2-оны(тионы), получаемые трехкомпонентной конденсацией по реакции Биджинелли, являются важными синтонами в поиске новых биологически активных соединений, что связано не только с их препаративной доступностью, но и с проявлением ими широкого спектра фармакологической активности – анальгетической, антибактериальной, антигипертензивной и др. [1]. В настоящей работе нами изучено взаимодействие трехкомпонентной системы - этилового эфира ацетоксусной кислоты, альдегида и тиомочевины в стандартных условиях при кипячении в растворах этаноле и ТГФ в присутствии различных катализаторов.

В стандартных условиях взаимодействие тиомочевины, этилового эфира ацетоксусной кислоты и 4-*R*-бензальдегида в присутствии катализаторов $AlCl_3$, $AlCl_3 \cdot 6H_2O$, $FeCl_3$, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, $ZnCl_2$, ZnO взятых в количестве 7-10 мол.%, при кипячении в среде ТГФ привело к образованию этил-6-метил-4-(4-*R*-фенил)-2-тиоксо-1,2,3,4-тетрагидропиримидинкарбоксилатов (1-4) с выходом 22-80%. Выходы продуктов в зависимости от природы катализатора и времени реакции представлены в таблицах 1 и 2. Как следует из данных таблицы 1 наибольший каталитический эффект проявляют соли $AlCl_3$, $ZnCl_2$, использование солей металлов в виде кристалло-

гидратов, а также металлов приводит к низким выходам целевого продукта или они вообще не образуются.

Таблица 1. Результаты синтеза этил-6-метил-4-(4-метоксифенил)-2-тиоксо-1,2,3,4-тетрагидропиримидина карбоксилата (1-3) в условиях гетерогенного катализа в среде ДМФА

№	Катализатор	Время реакции, ч	Выход, %
1.	AlCl ₃	6	62
2.	AlCl ₃ ·6H ₂ O	10	25
3.	FeCl ₃	5	66
4.	FeCl ₃ ·6H ₂ O	12	51
5.	ZnCl ₂	4	82
6.	ZnO	6	53
7.	Zn	10-15	-

Таблица 2. Результаты синтеза замещенных 3,4-дигидропиримидин-2(1H)-онов (тионов) в присутствии катализатора ZnCl₂

№ соед.	R	X	Время, ч	Выход, %	Т.пл., °С
1.	H	O	3	72	200-202
2.	4-OCH ₃	S	4	81	150-151
3.		O	6	75	263-264
4.	4-OCH ₃ -NO ₂	O	5	75	208-210

Строение полученных веществ было доказано данными ИК- и ЯМР-спектроскопии.

Литература

1. Kappe C.O. 100 years of the Biginelli Digropyrimidine synthesis // Tetrahedron. –1993. - Vol.49. -No32. -P.6937-6963.

ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПЛЕНОК Al_2O_3 , ПОЛУЧЕННЫХ НА ПОРИСТОМ КРЕМНИИ МЕТОДОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

П. В. Середин¹, А. С. Леншин¹, И. Н. Арсентьев², А. Д. Бондарев, И. С. Тарасов²

¹Воронежский государственный университет

²Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе

Целью работы стало получение наноразмерных пленок Al_2O_3 на поверхности нанопористого кремния, а также фундаментальные исследования структурных, оптических и морфологических свойств этих материалов.

Проводя сравнение литературных данных с экспериментальными результатами, полученными в нашей работе структурными и спектроскопическими методами, можно утверждать, что метод ионно-плазменного распыления позволяет вырастить ультратонкие наноструктурированные пленки Al_2O_3 слое пористого кремния.

Важной особенностью роста оксида алюминия на слое пористого кремния является потенциальная возможность получить ультратонкую пленку Al_2O_3 в виде ориентированных в одном направлении нитей, расположенных на поверхности на расстоянии 300-500 нм друг от друга.

Данные оптической спектроскопии гетерофазной структуры $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{por-Si}/\text{Si}(111)$ показывают, что пленка оксида алюминия, полученная методом плазменного распыления, в области 190-900 нм отлично пропускает электромагнитное излучение. Следует подчеркнуть, что этот факт согласуется с результатами исследования особенностей фотолюминесценции гетерофазной структуры $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{por-Si}/\text{Si}(111)$, для которой наблюдается увеличение интенсивности фотолюминесценции по сравнению с фотолюминесценцией от слоя пористого кремния.

Обнаруженный максимум в дисперсии показателя преломления пленки Al_2O_3 , выращенной на por-Si , совпадает со значением края оптического поглощения оксида алюминия и расположен в области $\sim 5.60\text{eV}$. Этот факт подтверждается результатами расчетов из спектра оптического поглощения гетерофазной структуры $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{por-Si}/\text{Si}(111)$ и хорошо соотносится с литературными данными.

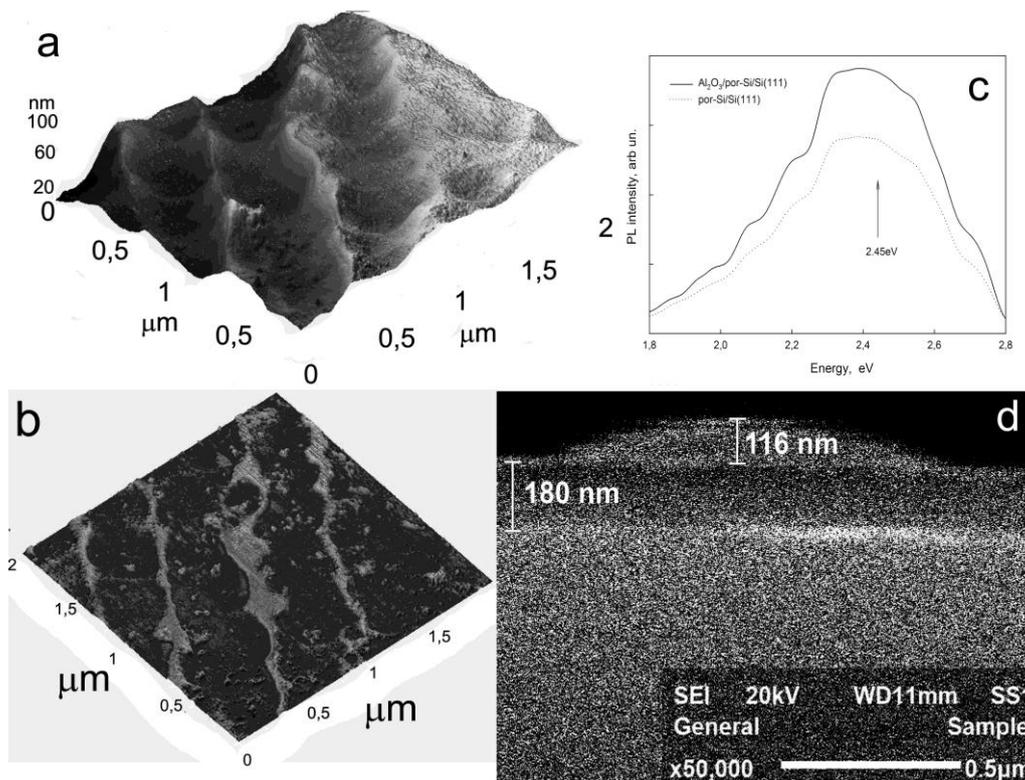


Рис. 1. Результаты исследований образца $Al_2O_3/por-Si/Si(111)$ методами АСМ: (а) - изображение характерного микроучастка; (б) - фазовый контраст; (с) - спектры фотолюминесценции при возбуждении лазером с $\lambda = 405 \text{ nm}$; (д) - РЭМ изображение скола образца.

Таким образом, экспериментальные и расчетные данные, полученные в работе, демонстрируют, что метод ионно-плазменного распыления имеет высокий потенциал при создании в больших масштабах пленок Al_2O_3 пленки на пористой кремниевой подложке. Сформированные на поверхности гетерофазной структуры в виде наноразмерных структурированных нитей пленки Al_2O_3 могут служить оптическими проводящими каналами и достаточно эффективно внедрены в стандартные технологии, что имеет огромное значение для микро и оптоэлектроники.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания ВУЗам в сфере научной деятельности на 2014-2016 годы. (Проект №740, Задание №3.130.2014/К) и Гранта Президента РФ МК-4535.2014.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ГАЗОВ В НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПЛЁНКАХ НА ОСНОВЕ SiO₂-SnO₂

А.П. Сигаев, И.А. Аверин, А.А. Карманов

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет»

Наноккомпозитные плёнки на основе двухкомпонентной системы SiO₂-SnO₂ используются в качестве чувствительных элементов газовых сенсоров и датчиков вакуума. Их синтезируют различными методами, среди которых особенно стоит выделить золь-гель технологию, отличающуюся возможностью создания структур с ультрадисперсной фазой, однородностью распределения компонентов по всему объёму вещества и высокой чистотой процесса [1]. На поверхности выбранных для исследования плёнок адсорбируются атмосферные газы (углекислый газ, пары воды), которые влияют на свойства наноккомпозитов [2]. Отсюда следует, что определение концентрации CO₂ и H₂O является важной задачей, решение которой позволит контролировать свойства получаемых плёнок.

Для исследования свойств плёнок использовался метод ИК-спектроскопии, изучаемые образцы помещались в приставку зеркального отражения ПЗО30. Анализ ИК-спектров пропускания позволяет определить по полосам интенсивности поглощения наличие соответствующих атмосферных газов (рисунок 1). Так для паров воды это полоса интенсивности поглощения соответствует (3100-3700) см⁻¹, характеризующая колебания валентных симметричных связей Н-О-Н, а для CO₂ - (2300-2380) см⁻¹, характеризующая колебания связей С-О [1].

Рассчитать концентрации молекул воды и углекислого газа можно по формуле 1:

$$C = \frac{27 \cdot c^2}{\pi \cdot q^2} \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{\sqrt{\epsilon} \cdot \mu_{AB}}{(\epsilon + 2)^2} \cdot S$$

где c – скорость света в вакууме, q – заряд электрона, ϵ_0 - диэлектрическая постоянная, ϵ - диэлектрическая проницаемость на частоте минимума пропускания, μ_{AB} – приведённая масса выбранной двухатомной системы (Н-О или С-О), S – площадь полосы интенсивности [3].

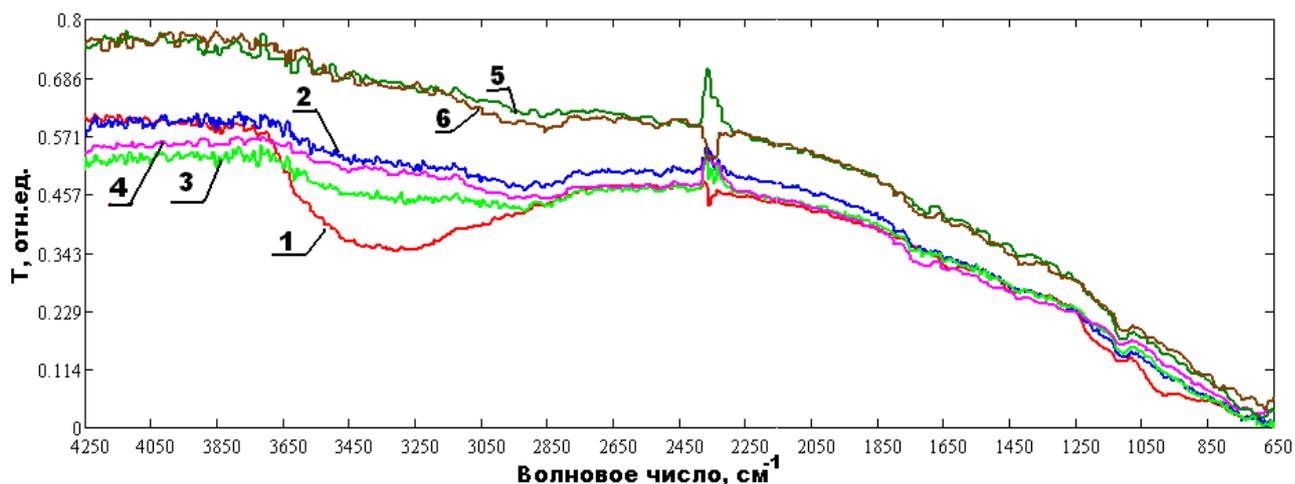


Рисунок 1 – ИК-спектры пропускания нанокomпозитов на основе $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$ с различным составом: 1 – 50%-50%; 2 – 40%-60%; 3 – 30%-70%; 4 – 20%-80%; 5 – 15%-85%; 6 – 10%-90%

Ориентируясь на ИК-спектры пропускания плёнок на основе $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$ (рисунок 1) и формулу (1), произведены расчёты концентраций H_2O и CO_2 , результаты которых представлены на рисунке 2.

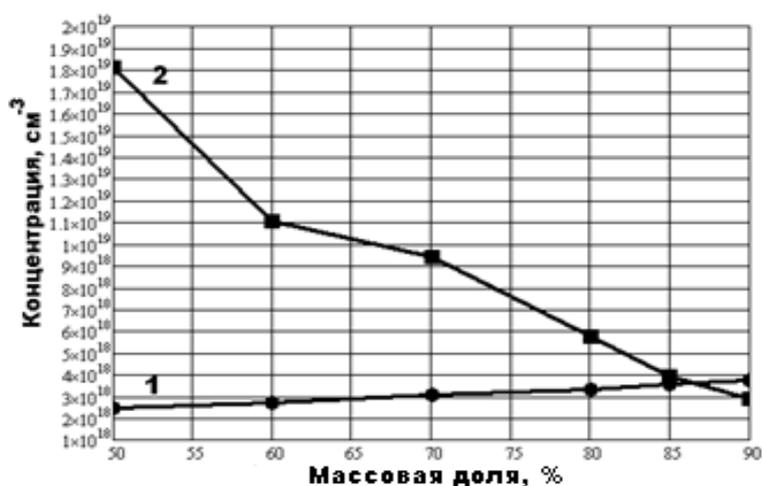


Рисунок 2 – Зависимость концентрации соответствующих газов от массовой доли SnO_2 в составе плёнки: 1 – углекислый газ, 2 – пары воды

Из анализа рисунка 2 следует, что с повышением массовой доли SnO_2 в составе плёнки концентрация углекислого газа увеличивается, что говорит об изменении пористости материала, а концентрация паров воды снижается, что связано со снижением количества адсорбционных центров.

Литература.

1. Аверин И.А., Карманов А.А., Печерская Р.М., Пронин И.А.. Особенности синтеза и исследования нанокomпозиционных пленок, полученных методом золь-гель технологии // Известия вузов. Поволжский регион. Серия «Физико-математические науки», 2012.- №2. - С.155-162.
2. С. Е. Игошина, А. А. Карманов, А.П. Сигаев. Вакуумметры с чувствительными элементами на основе пористых наноструктурированных материалов состава $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$ // Молодой ученый, 2014. - № 11. – С.52-55.
3. И.В. Кутков, М.И. Пехтелев. Качественный и количественный анализ пленок нитрида кремния методом ИК-спектроскопии // Доклады ТУ-СУР Доклады ТУСУРа, 2014. - № 1. – С.92-94.

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ СУПЕРПАРАМАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$

Р. С. Смердов¹, Т. В. Бочарова¹, К. Г. Гареев²

¹*Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет*

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

Развитие современных методов медицинской диагностики таких как магнитно-резонансная томография (МРТ), позитронная эмиссионная томография, рентгеновская компьютерная томография потребовало дальнейших исследований в области контрастирующих агентов [1]. Композитные суперпарамагнитные наночастицы могут рассматриваться как негативные контрастирующие Fe_3O_4 , уменьшающие время спин-спиновой релаксации. Более того, благодаря присущей им биологической совместимости, магнитные наночастицы также могут быть использованы как магнитные метки для доставки лекарственных средств [2], а также в качестве возможной среды для магнитной гипертермии в высокочастотных переменных магнитных полях [3]. Оптические свойства тонких пленок магнетита также представляют определенный интерес: такие пленки демонстрируют поглощение в УФ – и значительное пропускание в видимом диапазоне, что позволяет использовать наноразмерные слои магнетита в качестве перспективного материала для оптоэлектроники [4].

В процессе исследования решались три задачи: определение параметров спектров оптического поглощения коллоидных растворов магнитных наночастиц, построение модели структуры композитных наночастиц $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$, выявление влияния облучения образца на его магнитные свойства. Для измерения спектров оптического поглощения образцов был использован Specord® 40 Analytik Jena при температуре 300К. Спектры ЭПР были получены на ЭПР-спектрометре JEOL.

Согласно работе Р. Levy [5], форма полос наведенного поглощения может считаться гауссовой (1); где K_0 соответствует максимальному поглощению при соответствующей длине волны, U – полуширина полосы (см^{-1}) и ν_0 – положение максимума полосы (см^{-1}).

$$K(\nu) = K_0 \exp \left[-\frac{4 \ln 2}{U^2} \left(\nu - \nu_0 \right)^2 \right] \quad (1)$$

Вид спектров поглощения коллоидных растворов свидетельствует об идентичности их химического состава. При этом очевидно изменение концентрации наночастиц магнетита Fe_3O_4 , осажденных в ходе реакции Мас-сарта на поверхности гелевого скелета SiO_2 , а наибольшая концентрация наночастиц Fe_3O_4 обнаружена при использовании раствора тетраэтоксисилана (TEOS) в изопропанолe с концентрацией TEOS 60 об.%.

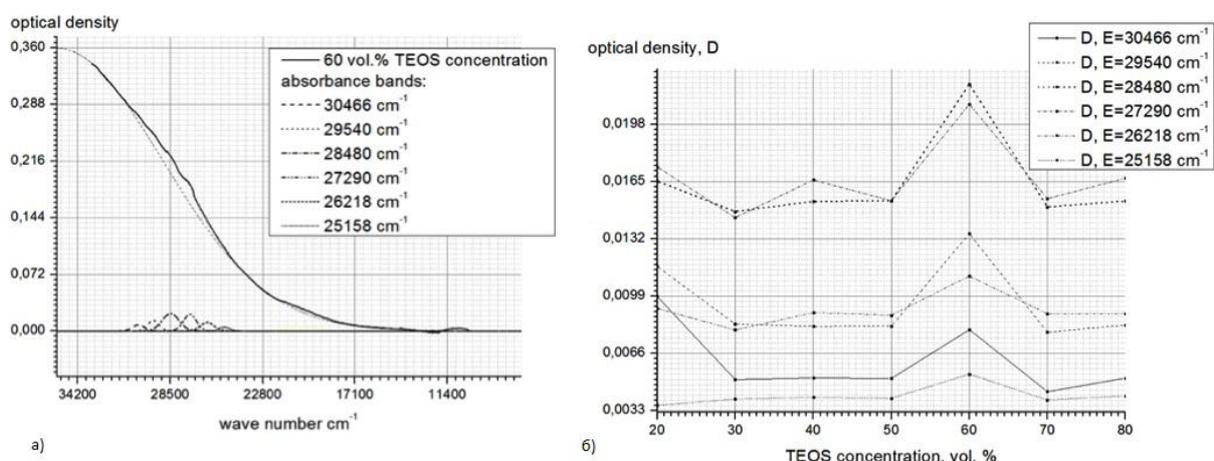


Рис.1 Результат моделирования полос поглощения коллоидного раствора $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ при концентрации TEOS 60 об. % (а); зависимость максимума оптической плотности (D_{max}) от концентрации TEOS для трех характерных полос поглощения (б).

В результате обработки спектров поглощения в программном пакете Origin 8.1© были обнаружены шесть характерных полос поглощения в видимом и ближнем ультрафиолетовом диапазонах, имеющих максимумы поглощения (Рис. 1а): 25130 cm^{-1} ; 26217 cm^{-1} ; 27295 cm^{-1} ; 28483 cm^{-1} ; 29527 cm^{-1} ; 30477 cm^{-1} . Полуширина полос остается практически неизменной (в пределах приборной погрешности). Было выдвинуто предположение, что наличие данных полос связано с образованием кластеров Fe_3O_4 шести характерных размеров на поверхности гелевой матрицы SiO_2 .

Наибольшей оптической плотностью характеризуется полоса с волновым числом 28480 cm^{-1} , что свидетельствует о наибольшей концентрации кластеров с соответствующим характерным размером (Рис. 1б).

С целью оценки характерных размеров кластеров используется формула Г. Миэ [6]. Согласно (2), где K_{max} – максимум поглощения на соответствующей длине волны, Γ – полуширина полосы поглощения (cm^{-1}), $A=1,25 \times 10^2$

ε В/мм - оптическая константа, R – радиус коллоидных наночастиц, n – концентрация наночастиц (см^{-3}),

$$K_{\max} \Gamma = An4\pi R^3 / 3 \quad (2)$$

оценочный радиус кластеров, полученный по этой формуле, $R = 1,9$ нм, $1,8$ нм, $2,07$ нм, $1,5$ нм, $2,57$ нм, $3,02$ нм соответственно для полос поглощения кластеров 25130 см^{-1} ; 26217 см^{-1} ; 27295 см^{-1} ; 28483 см^{-1} ; 29527 см^{-1} ; 30477 см^{-1} (при концентрации TEOS 60 об.%).

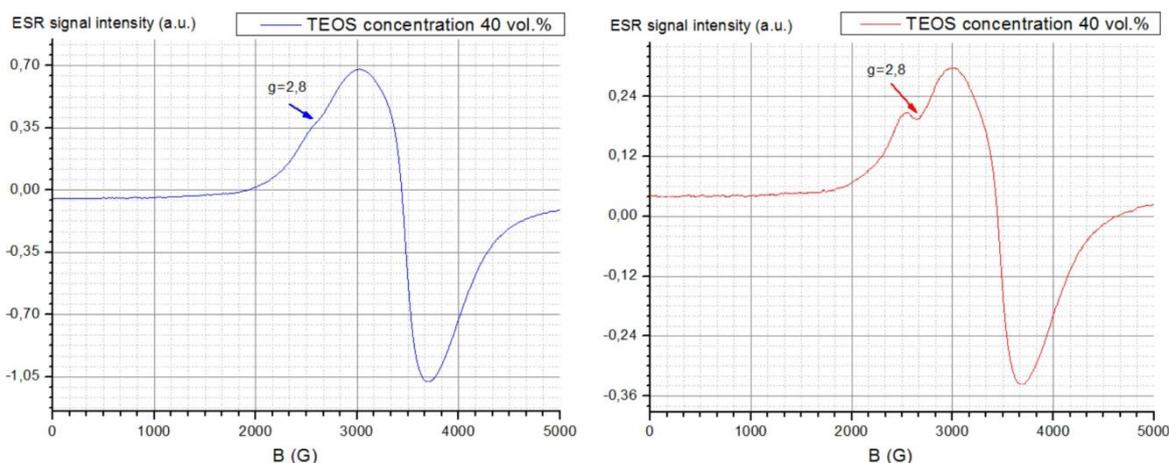


Рис. 2 Спектры ЭПР γ -облученного (справа) и необлученного (слева) порошка наночастиц $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$.

Спектр ЭПР (Рис.2) содержит слабо асимметричную линию в области g-фактора 2,04 при напряженности поля $H = 3450$ Гс, ширина линии $\Delta H \approx 680$ Гс. Спектр ЭПР поглощения в области g- фактора 4,3 не наблюдается, что свидетельствует об отсутствии ионов Fe^{3+} в изучаемом порошке. Подобный сигнал наблюдался в работе [7], посвященной изучению температурной и частотной зависимостям магнитных свойств суперпарамагнитных свойств наночастиц Fe_3O_4 . Установленный размер частиц $1,1$ нм. Выдвигается предположение, что большая ширина линии связана с эффектом релаксации, возникающим благодаря наноразмерам. Следует отметить, что подобная широкая полоса наблюдалась в спектре ЭПР аморфной системы $x \text{ Fe}_3\text{O}_4 (100-x) \text{ SiO}_2$, полученной по золь-гель технологии при $x = 0,5 - 2$ [8]. С уменьшением температуры от 300 К до 60 К наблюдается уширение линии вследствие разупорядочивания спинов в процессе антиферромагнитных взаимодействий между соседними спинами в магнитных наночастиц. Полученные в настоящей работе данные ЭПР позво-

ляют интерпретировать полученный спектр как проявление особых магнитных свойств наночастиц.

В спектре γ -облученного образца отчетливо проявляется на левом крыле полосы с g - фактором 2,04 менее интенсивный сигнал в области g - фактора 2,8. Можно предполагать, что воздействие ионизирующего излучения на изучаемые объекты должно сопровождаться образованием радиационных дефектов силикатной матрицы и изменением зарядового состояния ионов переменной валентности. Анализ ЭПР-спектров доказывает, что дефекты, связанные с группировкой $\equiv \text{Si}-\text{O}\cdot$ отсутствуют. Следовательно можно ожидать, что изменяется характер взаимодействия в ансамбле магнитных наночастиц.

Литература

1. NaH Bin, et al. Adv. Mater. 21, 2133–2148 (2009).
2. Liao Z, Wang H, Lv R, et al. Polymeric liposomes-coated superparamagnetic iron oxide nanoparticles as contrast agent for targeted magnetic resonance imaging of cancer cells. Langmuir (2011).
3. Kappiyoor R et al. The effects of magnetic nanoparticle properties on magnetic fluid hyperthermia. J Appl. Phys. (2010).
4. Chang-Neng, et al. Magnetic and Optical Properties of Isolated Magnetite Nanocrystals. Materials Transactions, Vol. 48, No. 5 (2007).
5. Levy P.W. The kinetics of gamma-ray induced coloring of glass.//J. American Ceramic Society, V.4, N 8 (1960).
6. Kreibig U, Small Silver Particles in Photosensitive Glass: Their Nucleation and Growth, Appl. Phys.. V. 10. (1976)
7. Y. Köseoğlu B. Aktas, ESR studies on superparamagnetic Fe_3O_4 nanoparticles Phys. Stat. Sol. (c) V. 1, (2004).
8. K. Tanaka, ESR study of a sol-gel-derived amorphous Fe_2O_3 - SiO_2 system. Journal of Non-Crystalline Solids 94 (1987).

СЛОИ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ, ФУНКЦИОЛИЗИРОВАННЫЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ ОСАЖДЕННЫМ НИКЕЛЕМ

Е. А. Соболева

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

Известно, что пористые материалы обладают широким спектром применения. Так, например, пористый кремний в зависимости от размера его пор может применяться в светодиодах, датчиках влажности, в качестве буферных слоев, имплантантов, биосенсоров, электродов топливных элементов и многое другое [1]. Модификация пористых материалов позволяет расширить спектр применения тех или иных материалов и/или улучшить их характеристики. Так, например, в работе [2] говорят об увеличении интенсивности фотолюминесценции и задержки процесса деградации светолучающих центров пористого кремния за счет введения различных форм углерода. В работах [3, 4] на матрицы пористых материалов наносят слои для увеличения селективности и чувствительности к газам.

Никель является технологичным материалом, область применения которого также широка. Одну из них называют декоративной. К ней относят, например, покрытие никелем в совокупности с хромом для защиты и улучшения внешнего вида металлов, сплавов, пластмасс и других материалов в течение длительного периода времени. Никель также используют для улучшения коррозионной устойчивости и износостойкости, чтобы подготовить поверхность к нанесению эмали или органических покрытий и для других целей [5]. Наноконпозиты, содержащие никель, способны проявлять магнитные свойства. Так, например, в работах [6, 7] в пористую матрицу внедрили никель. Таким образом были получены никелевые колонны, способные сохранять бит информации.

Внедрение никелевых частиц также позволяет увеличить селективность газочувствительных датчиков. Микрогранулы никеля в диэлектрической матрице при повышенных температурах являются катализаторами разложения метана. Была обнаружена существенная чувствительность наноконпозитов пористый кремний – никель к адсорбции молекул метана

при повышенных температурах, т. е. на основе этой структуры возможно создать твердотельный газовый сенсор метана. [8]

Таким образом, модифицированные пористые материалы являются актуальной темой для изучения и исследования. В работе планируется создать серию образцов пористого кремния с никелем. Пористый кремний был получен в однокамерной электрохимической ячейке. Никель был осажден двумя способами: выдержкой в растворе и электрохимическим осаждением при различных условиях. Результаты по получению и исследованию образцов обсуждаются.

Литература

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. Юзова А. В., Пузырь А. П. Введение ультрадисперсного порошка алмаза детонационного синтеза в каналы пористого кремния. // Письма в ЖТФ, 2009, том 34, вып. 10. 34 – 38 с.
3. Developing a procedure to optimize electroless deposition of thin palladium layer on anodic alumina membranes. / R. Inguanta, M. Amodeo, F. D'Agostino et al. / Desalination. Vol. 199 (2006). P. 352–354
4. Tin dioxide sol – gel derived thin films deposited on porous silicon / C. Cobianu, C. Savaniu, O. Buiu et al. / Sensors and Actuators Vol. B 43 (1997). P. 114 – 120
5. Nickel Plating by George Di Bari in the ASM Handbook, Volume 5, Surface Engineering, published by ASM International, Materials Park, OH 44073, 1994, page 201
6. Nielsch K., Hertel R., Wehrspohn R. B. High-density nickel nanowire arrays / Ordered porous nanostructures and applications. Springer science+business media, Inc, 2005. 164 – 184 p.
7. Лукашин А. В. Создание функциональных нанокомпозитов на основе оксидных матриц с упорядоченной пористой структурой: Автореф. дис... д-ра хим. наук. – М., 2009.
8. Антропов И. М., Демидович Г. Б., Козлов С. Н. Адсорбционная чувствительность нанокомпозита «пористый кремний – никель» к метану. // Письма в ЖТФ, 2011. Том 37. Вып 5. 43 – 48 с.

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОИАНИЛИН-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ В ЭЛЕКТРОГИДРИРОВАНИИ *n*-НИТРОАНИЛИНА

Е. А. Соболева, Я. А. Висурханова, Н. М. Иванова

Институт органического синтеза и углехимии Республики Казахстан

В настоящее время для модификации поверхности электродов с целью улучшения электродных процессов создаются новые электродные материалы с применением полимер-металлических и полимер-углеродных композитов. Электроды, модифицированные полианилином и углеродными нанотрубками, являются более стабильными в электрохимическом синтезе органических соединений.

С целью получения электрокаталитически активных материалов нами были синтезированы полианилин-металлические (Ni, Co, Cu) композиты без и с добавлением карбоксилированных многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ_{СА}) и исследована их каталитическая активность в электрогидрировании *n*-нитроанилина (*n*-НА) при нанесении их на Cu-катод (анод – Pt-сетка). Эксперименты выполнены в диафрагменной ячейке в водно-спиртово-щелочной среде при следующих условиях: 1,5А, 30°С, 1г композита и 0,066моль/л *n*-НА. Результаты приведены в таблице 1.

Согласно табличным данным, введение МУНТ_{СА} (10% от исходного количества анилина) в композиты ПАни+NiCl₂ (в соотношении анилин/хлорид металла 1:2) практически не привело к повышению каталитической активности в электрогидрировании *n*-НА в заданных условиях. Скорость гидрирования (*W*) *n*-НА несколько повысилась по сравнению с аналогичными композитами без МУНТ только на композите, полученном с применением NaBH₄, но осталась на уровне электрохимического восстановления *n*-НА на Cu-катоде. Степень превращения (α) *n*-НА также снизилась. Рентгенофазовые анализы композита ПАНИ+10%МУНТ_{СА}+NiCl₂ (1:2) после применения в электрогидрировании *n*-НА показали отсутствие кристаллических фаз Ni(OH)₂, образующихся в водно-щелочной среде католита, которые были определены в аналогичном композите без МУНТ.

Применение Co-содержащих ПАни-композитов с введёнными 1% МУНТ_{СА} для активации катода в электрогидрировании *n*-НА также, как и аналогичные композиты ПАни+CoCl₂(1:2) без МУНТ, заметного повышения рассматриваемых характеристик этого процесса не показало. В то же

время, в фазовом составе всех Со-содержащих композитов после гидрирования было установлено присутствие кристаллических фаз $\text{Co}(\text{OH})_2$.

Таблица 1. Электрокаталитическое гидрирование *n*-НА на композитах ПАни + $\text{MeCl}_2(1:2)$ и ПАни + МУНТ_{СА} + $\text{MeCl}_2(1:2)$

Композиты-катализаторы	W, мл H_2 /мин ($\alpha=0,25$)	η , %	α , %
Сu-катод	3,5	31,7	64,4
ПАни + $\text{NiCl}_2(1:2)$	4,3	41,0	87,8
ПАни + $\text{NiCl}_2(1:2)$, восст. NaBH_4	3,6	32,8	80,9
ПАни + $\text{NiCl}_2(1:2)$, восст. $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	3,0	27,8	71,5
ПАни + 10% МУНТ _{СА} + $\text{NiCl}_2(1:2)$	4,0	37,2	72,6
ПАни + 10% МУНТ _{СА} + $\text{NiCl}_2(1:2)$, восст. NaBH_4	3,5	30,6	73,7
ПАни + 10% МУНТ _{СА} + $\text{NiCl}_2(1:2)$, восст. $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	3,6	27,6	67,9
ПАни + $\text{CoCl}_2(1:2)$	2,6	25,0	79,4
ПАни + $\text{CoCl}_2(1:2)$, восст. NaBH_4	3,5	31,7	69,4
ПАни + $\text{CoCl}_2(1:2)$, восст. $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	2,9	27,3	78,7
ПАни + 1% МУНТ _{СА} + $\text{CoCl}_2(1:2)$	3,4	31,1	69,1
ПАни + 1% МУНТ _{СА} + $\text{CoCl}_2(1:2)$, восст. NaBH_4	3,1	29,4	74,9
ПАни + 1% МУНТ _{СА} + $\text{CoCl}_2(1:2)$, восст. $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	2,7	25,0	71,4
ПАни + $\text{CuCl}_2(1:2)$	6,3	60,4	96,5
ПАни + $\text{CuCl}_2(1:2)$, восст. NaBH_4	4,8	44,9	93,4
ПАни + $\text{CuCl}_2(1:2)$, восст. $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	4,9	48,3	99,5
ПАни + 1% МУНТ _{СА} + $\text{CuCl}_2(1:2)$	3,2	31,1	76,6
ПАни + 1% МУНТ _{СА} + $\text{CuCl}_2(1:2)$, восст. NaBH_4	5,6	54,2	100
ПАни + 1% МУНТ _{СА} + $\text{CuCl}_2(1:2)$, восст. $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	4,5	43,3	100
ПАни + 10% МУНТ _{СА} + $\text{CuCl}_2(1:2)$	4,6	43,3	93,4
ПАни + 10% МУНТ _{СА} + $\text{CuCl}_2(1:2)$, восст. NaBH_4	4,7	46,6	100
ПАни + 10% МУНТ _{СА} + $\text{CuCl}_2(1:2)$, восст. $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	5,2	50,0	100

Композиты ПАни+ $\text{CuCl}_2(1:2)$ без химического восстановления катионов меди оказались наиболее каталитически активными в электрогидрировании *n*-НА, что объясняется появлением кристаллических фаз Cu^0 и её оксидов после применения этих композитов в электрогидрировании *n*-НА, которые образуются в результате электрохимического восстановления катионов меди. Введение карбоксилированных МУНТ_{СА} в количестве 1% и 10% понижает активность композита ПАни+ $\text{CuCl}_2(1:2)$, что обусловлено отсутствием кристаллических фаз меди и её оксидов в фазовом составе этого композита после гидрирования. Однако каталитическая активность

композитов ПАни+CuCl₂(1:2) с МУНТ_{СА}, полученных с применением химических восстановителей, наоборот, немного возрастает, так как присутствие углеродных нанотрубок улучшает процесс химического восстановления и образование кристаллических фаз меди в композитах.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ

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

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

Пористый кремний (por-Si) является перспективным, технологичным и востребованным материалом, который находит применение в микро- и оптоэлектронике, сенсорике, нелинейной оптике, фотонике, нано- и микросистемной технике, альтернативной энергетике и т. д. [1-4]. В настоящее время чрезвычайно активно исследуются возможности по применению por-Si в медицине и медицинской технике [5-10]. Это связано с рядом важных свойств por-Si, таких как: биосовместимость, биodeградируемость, большая удельная площадь поверхности, а также относительно простая технология получения, возможность управления геометрическими характеристиками текстуры, специфические оптические и электрические свойства [11]. Строение и свойства por-Si значительно зависят от условий получения, пост-обработки, выбора исходного материала и т. д. [11-13].

Целью данной работы являлось исследование морфологии частиц пористого кремния в зависимости от условий получения и хранения.

Порошки por-Si получали следующим образом: сначала методом электрохимического анодного травления в монокристаллическом кремнии формируются слои por-Si. В качестве электролита использовался водно-спиртовой раствор фтороводорода. Затем образцы подвергались обработке ультразвуком в течение 30 минут. В данной работе исследовались 3 серии образцов, технологические условия получения приведены в Табл. 1.

Таблица 1.

Технологические условия получения порошков por-Si

Серия	Si	Время анодирования, мин.	Плотность тока анодирования, мА/см ²
I	КЭФ-1 (111)	20	30
II			70
III	КЭФ-0,3 (111)		70

Исследования структуры и морфологии частиц por-Si проводились методом растровой электронной микроскопии (РЭМ, MIRA TESCAN). На рис. 1 приведены типичный вид крупных частиц пористого кремния серий II и III. В работе обсуждаются морфология частиц и пор, оценивается распределение пор и частиц по размерам во взаимосвязи с технологическими условиями получения и характеристиками исходного кремния. Показано, что кремниевый остов частиц сохраняется монокристаллическим. В por-Si , полученного в кремнии марки КЭФ-0,3 (111), формируются преимущественно макропоры, причем форма каналов пор характеризуются осью симметрии 4 порядка. Это соответствует распространению каналов пор вдоль семейства кристаллографических направлений $\langle 100 \rangle$. В кремнии КЭФ-1(111) формировался преимущественно мезопористый кремний.

Работа выполнялась в рамках проектной части госзадания Минобрнауки РФ № 16.2112.2014/К.

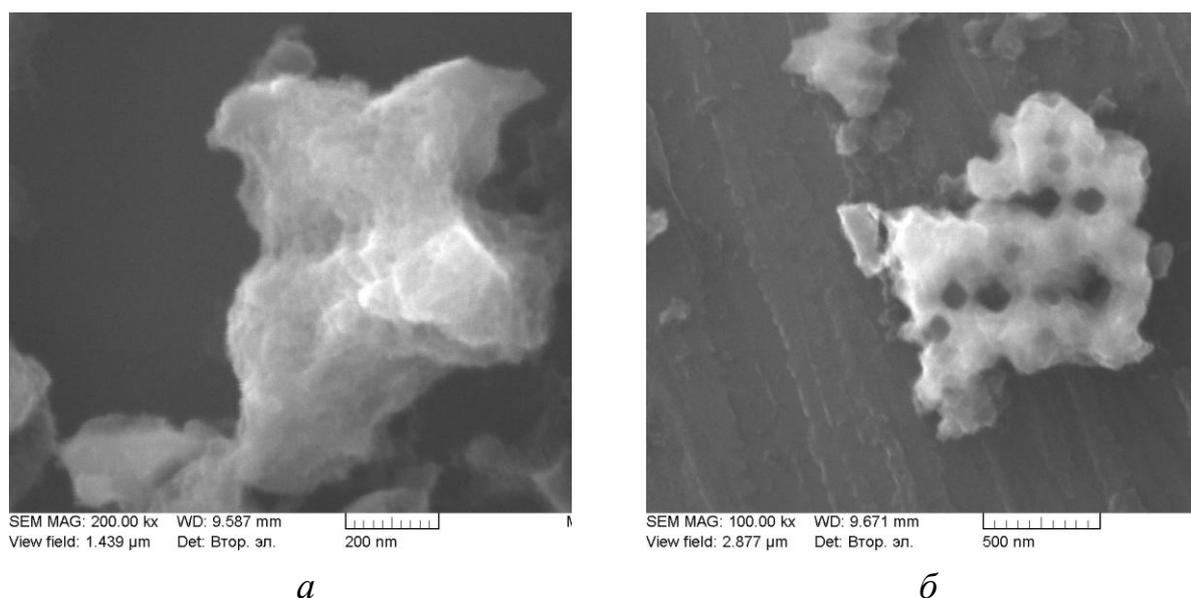


Рисунок 1 – типичный вид крупных частиц пористого кремния, полученных из монокристаллического кремния с удельным сопротивлением: а – 1 и б – 0,3 $\Omega\cdot\text{см}$.

Литература

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. D. Song, N. Tokranova, A. Gracias, and J. Castracane, New approaches for chip-tochip interconnects: integrating porous silicon with MOEMS, *J. Micro/Nanolith. MEMS MOEMS* 7 (2), p. 021013, 2008.
3. 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.
4. P. N. Patel, V. Mishra, A. K. Panchala. Synthesis and characterization of nano scale porous silicon photonic crystals for optical device and sensing applications // *J. Optoelectr. Biomed. Mater.* 2012. Vol. 4, Is. 1. P. 19-28.
5. 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.
6. 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.
7. S. Dhanekar, S. Jain, J. M. Islamia, etc. Porous silicon biosensor: Current status // *Biosensors and Bioelectronics*, 2013. Vol 41. Pages 54–64.
8. 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.
9. D.-J. Guo, H. Zhang, J.-B. Li, etc. Fabrication and adhesion of a bio-inspired microarray: capillarity-induced casting using porous silicon mold // *J. Mater. Chem. B*, 2013,1, 379-386.
10. M. Arroyo-Hernández, R.J. Martín-Palma, V. Torres-Costa, J.M. Martínez Duart. Porous silicon optical filters for biosensing applications // *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2006. Vol.352, is. 23–25. Pages 2457–2460.
11. Spivak Yu. M., Maraeva E. V. , Belorus A. O., Molchanova A. V., Nigmatzyanova N. R. Preparation and investigation of porous silicon nanoparticles for targeted drug delivery // *Smart Nanocomposites*, 2014, vol. 4, № 1. С. 115-118.
12. Леньшин А.С., Кашкаров В.М, Спивак Ю.М., Мошников В.А. Исследование электронного строения и фазового состава пористого кремния// *ФХС*, 2012, т. 38, вып. 3, с.383-392.
13. Леньшин А.С., Кашкаров В.М., Середин П.В., Спивак Ю.М., Мошников В.А. Исследование электронного строения и химического состава пористого кремния, полученного на подложках n- и p-типа, методами XANES и ИК спектроскопии // *ФТП*, 2011, т. 45, вып. 9, с. 1229-1234.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЙЯНИЯ СВЕТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПЛЕНКАХ СТРУКТУРЫ Ge-Sb-Te

Н. М. Толкач, Н. В. Вишняков, Ю. В. Воробьев, А. Д. Маслов

Рязанский государственный радиотехнический университет

В настоящее время существенный интерес исследователей всего мира направлен на поиск и создание новых материалов для элементов памяти. Важной научной и практической задачей является изучение электрофизических и оптических свойств поверхности тонких пленок халькогенидных стеклообразных полупроводниковых (ХСП) структур типа $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$, применяемых в устройствах энергонезависимой фазовой памяти.

Целью работы является исследование уменьшения влияния облучения лазера на изменение фазового состояния пленок $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ при снятии спектров КРС с помощью зондовой спектрометрической системы Ntegra-Spectra (НТ-МДТ, Россия).

Для исследований использовались поликристаллические пленки $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$, полученные термическим напылением в вакууме, отожженные в течение 15 минут при температурах 90°C , 120°C , 150°C с последующим охлаждением в течение 30 минут при температуре 20°C .

По изменению спектральных диаграмм (Рисунок 1, а, б) было установлено, что при локальном кратковременном воздействии зеленым лазером (длина волны 532 нм) определенной мощности, пленка $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ меняет свое фазовое состояние. Лазерное воздействие осуществлялось локально (размер лазерного пятна на пленке в диапазоне от 0.5 до 1 мкм) при мощности излучения в диапазоне от 1 до 10 мВт и длительностью воздействия от 1 до 60 с.

Изменение фазового состояния проявлялось при мощности воздействия 5 мВт в течение 5 с (рисунок 1, б). При мощности 1.5 мВт в течение 60 с таких изменений не происходило (рисунок 1, а). Поэтому для получения КРС-спектров пленок ХСП структур типа $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ без их модификации была выбрана мощность воздействия лазерным излучением 1.5 мВт в течение 60 с.

Спектры на рисунке 1, (а) соответствуют поликристаллическому состоянию пленки с кубической кристаллической структурой [1]. Спектры на рисунке 1, (б) соответствуют пленке в расплавленном состоянии, из него

при отключении лазера пленка перейдет в аморфное состояние. Для связей Ge-Te, Sb-Te, Ge-Ge [2] проводилась расшифровка пиков (пики А, В, D).

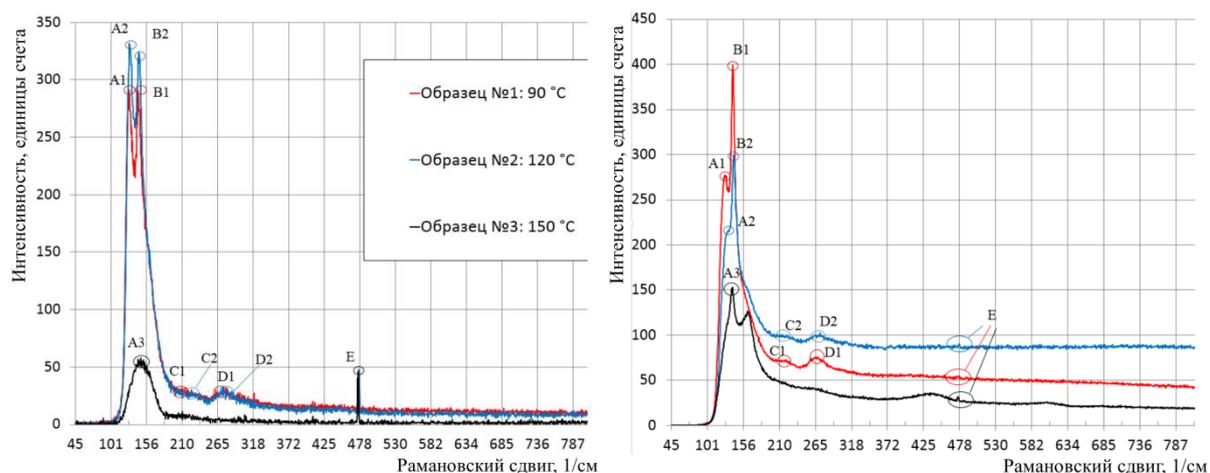


Рисунок 1 – а) КРС спектры образцов 1-3 при мощности лазера 1.5 мВт, б) КРС спектры образцов 1-3 при мощности лазера 6 мВт

В результате выполнения работы определена пороговая мощность лазерного излучения 1.5 мВт, при которой фазовое состояние пленки структуры типа $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ не изменяется, и мощность 5 мВт, при которой пленка меняет свое фазовое состояние. Получены спектры комбинационного рассеяния света, в результате анализа которых выделены и расшифрованы пики, соответствующие колебательным связям Ge-Te, Sb-Te, Ge-Ge.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ на оборудовании РЦЗМкп РГРТУ.

Литература

1. Авачёв А. П. Фазовые переходы в тонких пленках халькогенидов $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ по данным комбинационного рассеяния света / А. П. Авачёв, С. П. Вихров, Н. В. Вишняков, С. А. Козюхин, К. В. Митрофанов, Е. И. Тербуков // Физика и техника полупроводников. 2012 г. Т. 46. Вып. 5. С. 609-612.
2. Lucovsky G. Spectroscopic and electrical detection of intermediate phases and chemical bonding self-organizations in (i) dielectric films for semiconductor devices, and (ii) chalcogenide alloys for optical memory devices / G. Lucovsky, D. A. Baker, M. A. Paesler, J. C. Phillips // J. Non-Crystalline Solids. 2007. Vol. 353. Pp. 1713-1722.

ЭЛЕКТРОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ. ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ И СОВРЕМЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ.

А. К. Фоминых, Е. В. Абрашова

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

Вопрос создания эффективных систем охлаждения всегда был важен для электроники. Если на начальном этапе развития хватало пассивного воздушного охлаждения, уступившего затем место жидкостному и принудительному воздушному охлаждению, то в наши дни, когда процесс миниатюризации устройств и их элементов достиг значительного прогресса, подобные методы являются абсолютно неэффективными или даже невозможными для широкого ряда устройств. В связи с этим начались активные разработки твердотельных охлаждающих устройств. Довольно распространенные элементы Пельтье, не смотря на их достоинства, имеют целый ряд недостатков — начиная от высокой цены, заканчивая значительным потреблением энергии и низким коэффициентом полезного действия. Альтернативой эффекту Пельтье является электрокалорический эффект, основанный на переориентации электрических диполей с поглощением/выделением тепла за счет изменения энтропии.

Электрокалорический эффект состоит в увеличении температуры вещества при создании в нем электрического поля напряженностью E и соответствующего уменьшения температуры при выключении этого поля в адиабатических условиях. Наиболее ярко электрокалорический эффект наблюдается в сегнетоэлектрических материалах, в связи с наличием резкой нелинейной зависимости поляризации от температуры вблизи температуры фазового перехода. Аналогично ЭКЭ существует магнитокалорический эффект (МКЭ), проявляющийся при приложении магнитного поля.

Электрокалорический эффект был предсказан британским физиком, Уильямом Томсоном, лордом Кельвином, известным своими работами в термодинамике, механике и электродинамике. В 1887 из термодинамических соображений об обратимости явления пироэлектричества.

П. П. Кобеко и И. В. Курчатов в конце 1920х - начале 1930х г. предсказали и экспериментально наблюдали электрокалорический эффект в кристаллах сегнетовой соли. Было установлено, что наблюдавшиеся эффекты, получившие первоначально название аномалий, характерны для целого класса диэлектриков, которые во многом ведут себя аналогично ферромагнетикам. Соответствующие вещества названы Курчатовым сегнетоэлектриками. В числе первых сегнетоэлектриков изучена сегнетова соль и изоморфные кристаллы этой соли ($\text{NaRbC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ или $\text{NaTlC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) и некоторые другие соединения (например, KH_2PO_4), у которых температура фазового перехода (точка Кюри) меняется в широких пределах в зависимости от состава кристалла. Исследованы фазовые переходы из сегнетоэлектрической в параэлектрическую фазу, впервые изучен и измерен электрокалорический эффект и скачок теплоемкости сегнетовой соли в точке перехода.

В дальнейшем проводились исследования электрокалорического эффекта на кристаллах триглицинсульфата Б.А. Струковым (1966г.), Кристаллах триглицинселената Б.А Струковым (1968) и М. Ремойснет (1968) на поликристаллическом титанате бария (1961), титанате стронция (1961-1964) . Начиная с конца 1960-х до середины 2000-х годов наблюдается спад интереса исследователей к электрокалорическому эффекту в силу его небольшой величины (изменение температуры обычно не превышало 0,1 К, лучшим результатом был отклик в 2,5 К) в данных материалах и целого ряда технологических сложностей. Эффект, на тот момент, не нашел практического применения.

Кардинально ситуация изменилась в марте 2006 года, после публикации в журнале Science статьи, посвященной открытию сильнейшего на тот момент электрокалорического отклика, так называемого гигантского ЭКЭ, который был обнаружен в тонкой пленке цирконата-титаната свинца. В статье сообщалось об отклике в 12 К при приложенном электрическом поле в 480 кВ/см, при температуре окружающей среды в 220°C. Подобные значения температурных откликов у электрокалорических материалов могут иметь реальное применение, в отличии от результатов более ранних исследований. Так же за эти годы стали более технологичными методы создания тонких и толстых пленок. Именно эти факты обусловили возрождение интереса к исследованию

ЭКЭ.

Таблица 1. Основные этапы исследования ЭКЭ.

Год	Событие
1878	Теоретическое предсказание электрокалорического эффекта.
1930	Наблюдение электрокалорического эффекта в сегнетовой соли.
1964	Измерение и исследование электрокалорического эффекта в SrTiO_3 .
1968	Измерение и исследование электрокалорического эффекта в легированном PZT.
1977	Первая концепция криогенной установки на основе электрокалорического эффекта.
1992	Измерение и исследование электрокалорического эффекта в $\text{PbSc}_{0,5}\text{Ta}_{0,5}\text{O}_3$.
2006	Измерение и исследование электрокалорического эффекта в тонких пленках $\text{PbZr}_{0,95}\text{Ti}_{0,05}\text{O}_3$.
2008	Измерение и исследование электрокалорического эффекта в тонких пленках P(VDF-TrFE)

На сегодняшний день исследованием электрокалорического эффекта занимается множество лабораторий по всему миру, в том числе и в России. Существует большое количество электрокалорических материалов, начиная от традиционных объемных сегнетоэлектриков, заканчивая полимерными тонкими пленками.

Научные изыскания, направленные на исследование электрокалорического эффекта проходят в СПбГЭТУ. Часть работ направлена на изучение композита состава $(\text{Ba}_x \text{Ca}_{1-x})\text{TiO}_3$ и $\text{Ba}(\text{Sn}_y \text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ с целью его применения в качестве активного материала в твердотельных охладителях на основе электрокалорического эффекта. Образцы были получены методом золь-гель в виде тонких пленок на подложках различных материалов и обладают рядом перспективных свойств для применения в качестве твердотельных охладителей.

Литература

1. E V Abrashova and A K Fominykh/ «Investigation of lead-free thin films based on barium

titanate for electrocaloric devices» 2014 *J. Phys.: Conf. Ser.* **541** 012091

2. Tatiana Correia, Qi Zhang/ «Electrocaloric Materials: New Generation of Coolers» Springer Science & Business Media, 2013

3. Mischenko et al «Giant Electrocaloric Effect in Thin-Film $\text{PbZr}_{0.95}\text{Ti}_{0.05}\text{O}_3$.» *Science* 3 March 2006: Vol. 311 no. 5765 pp. 1270-1271.

4. Еськов А.В. «Твердотельные охлаждающие устройства на основе электрокалорического эффекта в сегнетоэлектрических материалах.» Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. СПб, 2014.

ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭНЕРГИИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ФАЗЫ ПО ЕЕ ФРАКТАЛЬНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

И. Н Хоменко, В. Б. Крыжановский, П. П. Москвин

Житомирский государственный технологический университет

Процесс формирования полупроводниковых слоев для современных электронных приборов сопровождается процессами самоорганизации на нано и микро уровнях. Естественно, что появление такого состояние фазы должно быть учтено при оценках ее поверхностной энергии. Перспективным подходом для описания таких самоподобных состояний для поверхности является фрактальный анализ. Мультифрактальное описание для площади поверхности наночастиц, которые образуются на поверхности фазы, было выполнено нами в [1], а оценка мультифрактальных параметров для их объемов была сделана в [2]. Полученные результаты позволяют предложить математическое выражение, которое дает возможность оценить вклад в поверхностную энергию компоненты, связанной с появлением ее фрактальной структуры.

Целью данной работы является на основе накопленных данных о мультифрактальных параметрах для площади и объемов поверхностных наночастиц получить взаимосвязь между фрактальными характеристиками поверхности и ее поверхностной энергией.

Избыточная компонента свободной энергии системы, связанная с появлением границ раздела, может быть рассчитана по выражению: $dG_s^{ex} = dA_s = \alpha \cdot dS$, где dG_s^{ex} , dA_s , α , dS - изменение свободной избыточной энергии Гиббса, за счет появления границы раздела, dA_s , α , dS - работа по образованию поверхности раздела площадью dS и α удельная поверхностная энергия границы раздела. При этом избыточная компонента химического потенциала, связанная с появлением новых геометрических форм на поверхности, может быть рассчитана по классическому для термодинамики выражению:

$$\mu_s = dG_s^{ex} / dn = \alpha \cdot dS / d(\rho \cdot V / M) = \frac{\alpha \cdot M}{\rho} \cdot \frac{dS}{dV}, \quad (1)$$

где ρ , M - плотность и молекулярная масса твердой фазы; dV , dn - изменение объема и числа молей твердой фазы, обеспечивающее изменение площади поверхности раздела dS .

В работах [1,2] путем обработки AFM изображений поверхности пленок твердого раствора ZnCdTe, осажденного на подложку из кремния методом «горячей стенки», были получены данные о фрактальных параметрах распределения площади поверхности наночастиц и, заключенными под этими поверхностями, объемами. Наиболее важными для настоящего анализа из полученных результатов следует выделить размерности Реньи как для площади D_{0S} , так и для объема D_{0V} .

Известно, что для евклидова пространства любой размерности взаимосвязь между площадью (или объемом) выражается формулой:

$$S_{D_0}(V_{D_0}) = A \cdot r^{D_0}, \text{ где } A = \frac{\pi^{\frac{D}{2}}}{\Gamma(\frac{D}{2} + 1)}, \text{ } \Gamma(x) - \text{ гамма функция Эйлера.}$$

Тогда, формируя дифференциал для площади и объемов фрактальных поверхностей в соответствии с (1), можно получить следующее выражение для поверхностной компоненты химического потенциала фазы:

$$\mu_s = \frac{\alpha \cdot M}{\rho} \cdot \frac{A_s \cdot D_{0S}}{A_v \cdot D_{0V}} \cdot r^{D_{0S} - D_{0V}}, \text{ где } r - \text{ нормированная координата длины в}$$

методе огрубленных разбиений.

Полученное выражение применяется для оценки величины поверхностной энергии тонкой пленки твердого раствора ZnCdTe, сформированного на подложке из Si. В качестве входных данных для выполненных расчетов используются AFM изображения, представленные в [1]. Обсуждаются зависимости величин поверхностной энергии системы для различных фрактальных структур поверхности слоев, которые получены разных технологических условиях проведения процесса синтеза.

Литература

1. Москвин П.П., Крыжановский В.Б., Рашковецкий Л.В., Литвин П.М., Вуйчик Н.В. Журн. физич. химии. 2014. Т.88, № 7–8, С. 1194–1200.
2. Лозко Е.В., Крыжановский В.Б., Москвин П.П. 17-я Школа по твердотельной электронике «Материалы и технологии гибкой электроники», Санкт-Петербург, 2014. С.80.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ПУТЁМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Чу Чонг Шы

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

Магнетронный метод получения тонких пленок со специальными высококачественными покрытиями все больше и больше используется в микро-нанoeлектронике, оптике, машиностроении [1]. В данном аспекте происходят различные физические процессы, исследование которых на сегодняшний день экспериментальным и эмпирическим путём позволило получить значительные результаты. Понятно требование к улучшению качества получаемых тонких пленок, особенно в области высокой технологии. В решении этой задачи всегда актуально применение компьютерного моделирования. В данной работе на примере компьютерного моделирования рассмотрено такое качество тонких пленок как равномерность относительной толщины, детально выявлен процесс осаждения одной частицы на потенциальное поле подложки и переходной участок двухслойных покрытий.

В работе [2] при рассмотрении термического процесса напыления тонких пленок на двух первых этапах (образование пара вещества и переноса частиц) показано, что степень взаимодействия частиц в колпаке можно пренебречь (т.е. степень взаимодействия частиц не влияет на качество получаемых пленок), если скорость или энергия частиц достаточно велика. Энер-

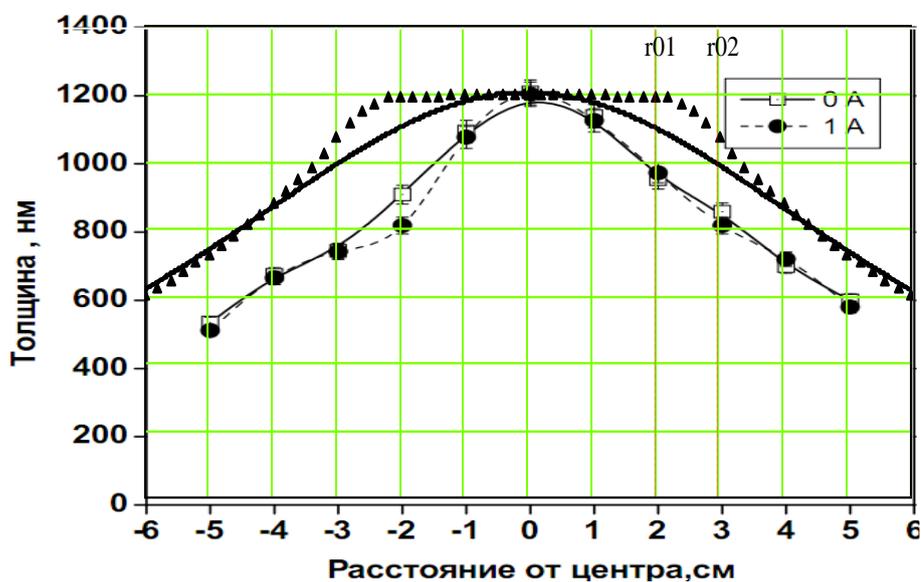


Рис. 1 Сравнение распределения толщины получаемых тонких пленок. Кривая 1- с угловым законом распределения в [3] для Zn, кривая 2- с косинусоидальным законом, кривая 3 и 4 экспериментальные данные получены в [4] для ZnO:Ga.

гия частиц при магнетронном методе намного больше, чем при термическом, поэтому можно построить такую модель, при которой испаритель (зона эрозии) рассматривается как сумма точечных испарителей (связью частиц в колпаке можно пренебречь). Частицы попадают на подложку, там осаждаются и сразу переходят в состояние покоя, при этом плотность частиц постоянна. Для проверки адекватности модели проведем моделирование в случае с материалом из цинка на основе геометрических данных, взятых в работе [4, ст. 108]. Результат моделирования представлен на рис. 1.

На основании результатов можно утверждать, что данная модель хорошо описывает макро-характеристику оценки равномерности толщины пленок. Отсюда следует, что противоположная задача – найти такую геометрию устройства распыления (высоту колпака, внутренний (r_{01}) и внешний (r_{02}) радиус зоны эрозии), при которой бы достигался оптимальный результат. В качестве оптимального результата автор в своей работе принимает максимальную равномерность относительной толщины при минимальных расходах. В работе также необходимо учесть угловое отклонение поверхности подложки от поверхности эрозии.

Физико-химические свойства получаемых пленок зависят не только от толщины, но и от конструкции и топологии их поверхности. Поэтому в своей работе автор детально рассматривает процесс осаждения и рост тон-

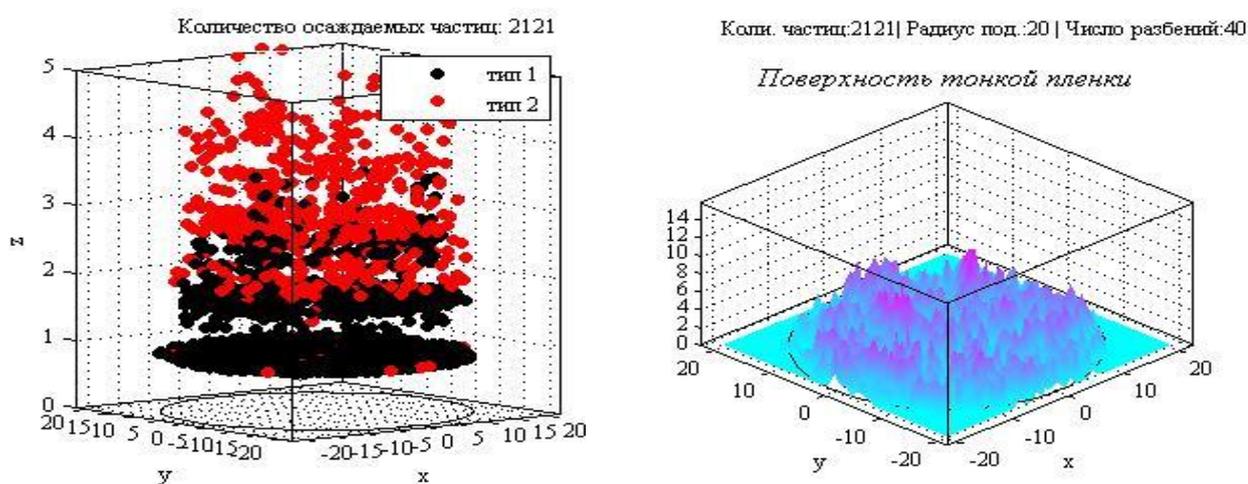


Рис. 2 Результат моделирования роста двухслойных тонких пленок. Слева – вид сбоку, справа – вид поверхности сверху.

ких пленок. В процессе осаждения рассмотрены оптимальные места осаждения одной частицы без учета кинетической энергии на потенциальном

поле подложки. Модели роста тонких пленок с использованием моделирования [5] рассмотрены в процессе роста двухслойных геометрических и топологических параметров получаемых тонких пленок (см. рис. 2).

В заключении автор говорит о безусловном на сегодняшний день междисциплинарном требовании и использовании результатов высоких технологий для решения новых задач в соответствующей области [6,7]. Данная работа будет продолжена и усовершенствована до практического применения.

Литература

1. Кузьмичёв А.И. Магнетронные распылительные системы. Кн.1. Введение в физику и технику магнетронного распыления. – К.: Аверс, 2008. – 244 с.
2. Чу Чонг Шы, Бабичев Д.А. Моделирование процессов массопереноса при термическом вакуумном напылении тонких пленок. 67-я Научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава университета: Сборник докладов студентов, аспирантов и молодых ученых. Санкт-Петербург, 27 января – 3 февраля 2014. С. 29 – 33.
3. Мартыненко Ю.В., Рогов А.В., Шульга В.И. Угловое распределение атомов при магнетронном распылении поликристаллических мишеней. Журнал технической физики, 2012, том 82, вып. 4. С 13 – 18.
4. Работкин С.В. Нанесение прозрачных проводящих покрытий на основе оксида цинка методом магнетронного распыления. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Томск – 2009.
5. Чу Чонг Шы Оптимизация процессов роста тонких пленок при термическом вакуумном напылении компьютерным методом, Журнал Вакуумная техника и технология, Том 23, №1 2014, ст. 87-88.
6. В.А. Жабрев, В.Т. Калинин, В.И. Марголин, А.И. Николаев, В.А. Тупик Физико-химические процессы синтеза наноразмерных объектов. СПб.: Изд-во "Элмор", 2012. 328 с.
7. В.И. Грачев, В.А. Жабрев, В.И. Марголин, В.А. Тупик Основы синтеза наноразмерных частиц и пленок.- Ижевск, Изд-во "Удмуртия", 2014. 480 с.

СИНТЕЗ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОНИТНЫХ ПОКРЫТИЙ $MnO_2@SiO_2$ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДА ПСЕВДОКОНДЕНСАТОРА

В. В. Юлмухаметов^{1,2}, А. Г. Иванова¹, О. А. Загребельный¹, О. А. Шилова^{1,2}

¹Институт химии силикатов им. И.В.Гребенщикова Российской академии наук

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

Оксиды переходных металлов, в особенности оксид марганца (IV), является перспективным материалом для электродов псевдоконденсатора (тип суперконденсатора, накапливающий энергию за счет быстрых, обратимых фарадеевских процессов и двойного электрического слоя), благодаря отличным электрохимическим характеристикам (широкое потенциальное окно до 0.9В в водном электролите, высокая удельная емкость электродного покрытия оксида и скорость заряда-разряда), дешевизне и возможности быстро получить высококачественный материал. Для стабилизации электрохимических свойств MnO_2 -пленок электрода псевдоконденсатора, используют различные модифицирующие покрытия, нанесенные непосредственно на электропроводящую подложку (электрод псевдоконденсатора) [1-3].

Целью настоящей научной работы является электросинтез электрохимически активных наноструктурированных покрытий на основе MnO_2 на модифицированную высокопористым кремнеземом электродную поверхность (платина, углеродная ткань, нержавеющая сталь). Исследования электрохимических свойств модельного псевдоконденсатора в органическом (ацетонитрил с солью лития или четвертичного аммония) и неорганическом (1М KNO_3) электролите.

Нами были получены электрохимические активные слои (нанопокрyтия) электродов с удельной емкостью от 100-300 Ф/г, причем емкость электроактивного слоя оксида марганца IV возростала 2-4 раза в присутствии модификатора электродной поверхности, что требует дополнительного исследования.

Работа выполняется при финансовой поддержке Программы Отделения химии и наук о материалах РАН №7 «Создание научных основ экологически безопасных и ресурсосберегающих химико-технологических процессов. Отработка процессов с получением опытных партий веществ и ма-

териалов», проект: «Разработка новых керамических и полимерных материалов для компонентной базы современных источников тока и энергонакопительных устройств».

Литература

1. Иванова А.Г., Загребельный О.А., Дидух А.Н., Шилова О.А. Электрохимические свойства гибридного оксидного слоя MnO_2-ZnO Electrode псевдоконденсатора. // Материалы VI Международной научно-технической конференции «Микро- и нанотехнологии в электронике» – Нальчик. – 2014. – 1 – 6 Июня – С.13.
2. Peihua Yang, Xu Xiao, Yuzhi Li, Yong Ding, Pengfei Qiang, Xinghua Tan, Wenjie Mai, Ziyin Lin, Wenzhuo Wu, Tianqi Li, Huanyu Jin, Pengyi Liu, Jun Zhou, Ching Ping Wong and Zhong Lin Wang. Hydrogenated ZnO core/shell nanocables for flexible supercapacitors and self-powered systems // Published online 10.1021 / nn306044dhttp://www.nanoscience.gatech.edu/paper/2013/13_ACSN_02.pdf
3. Songhun Yoon, Eunae Kang, Jin Kon Kim, Chul Wee Lee and Jinwoo Lee. Development of high-performance supercapacitor electrodes using novel ordered mesoporous tungsten oxide materials with high electrical conductivity // Chem. Commun.V.47. 2011. P.1021–1023.

Сборник материалов
III Научно-технической конференции с международным участием
«НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО»
для студентов, аспирантов и молодых ученых,
состоявшейся 12-13 марта 2015 г.
в Санкт-Петербурге

Подписано в печать 10.03.15. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Печ. л. 15,75.
Тираж 120 экз. Заказ 35.

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии Издательства СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
197376, С.-Петербург, ул. Проф. Попова, 5