

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Курский государственный университет»

**Образовательный, научный и инновационный
процессы в нанотехнологиях**

Сборник докладов
участников VIII Всероссийской конференции

Курск, 12–13 октября 2017 года



Курск 2017

УДК 54:53:002

ББК 22+24+32

О–23

О–23 Образовательный, научный и инновационный процессы в нанотехнологиях [Текст] : сб. докл. участников VIII всеросс. науч. конф., г. Курск, 12–13 окт. 2017 г. / под ред. П.А. Белова, Е.В. Дериглазовой, О.В. Смолиной, О.В. Яковлева; Курск. гос. ун-т. – Курск, 2017. – 147 с.

Сборник содержит материалы пленарных и секционных докладов, представленных на VIII всероссийской конференции «Образовательный, научный и инновационный процессы в нанотехнологиях». Конференция проходила в г. Курске с 12 по 13 октября 2017 г. В докладах рассмотрены вопросы кооперации научных, производственных и образовательных учреждений в развитии регионального базиса нанотехнологий, обсуждены перспективные направления научных исследований в сфере нанотехнологий и пути их коммерциализации.

УДК54:53:002

ББК 22+24+32

©Коллектив авторов, 2017

© Курский государственный университет, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

О.В. Яковлев Результаты деятельности и перспективы развития инновационной инфраструктуры Курского государственного университета на базе междисциплинарного нанотехнологического центра	7
В.А. Быков Сканирующие зондовые микроскопы в образовательных процессах университетов и школ и возможности развития отечественного приборостроения для мирового рынка аналитической техники	15
С.Н. Хаханов Применение инновационных методов исследования и диагностики наноматериалов и высокотехнологичных изделий	21
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ	
Н.А. Емельянов, А.И. Рябинин, Е.А. Горбач, Х.А. Ролдан Лопес, В.М. Аль Мандалави, Л.Н. Коротков Применение и оптические свойства композитов в виде пористых стекол SiO_2 , наполненных наночастицами BaTiO_3	22
Н.А. Емельянов, В.В. Запорожский, Д.А. Лисицкий, Л.Н. Коротков Диэлектрическая нелинейность наноструктурированного титаната бария	28
Л.С. Стекленева, Л.Н. Коротков, Ewa Rysiakiewicz-Pasek Диэлектрические свойства тетрахлорцинка рублидия в условиях ограниченной геометрии	30
W. Aldama-Reyna, Jhenry F. Agreda-Delgado, M. A. Valverde-Alva, Luis M. Angelats-Silva, Henry León-León A photoacoustic study of optical properties changes in colloidal silver nanoparticles	33
W. Aldama-Reyna, Jhenry F. Agreda-Delgado, M. A. Valverde-Alva, Luis M. Angelats-Silva, Henry León-León Photothermal effect in colloidal gold nanoparticles. A comparative study of parameters	36
Е.А. Гречушников, В.А. Харсеев Технический углерод и графит в качестве добавок для активной массы стартерных свинцово-кислотных батарей	39
А.В. Гречишников, П.И. Морозова, А.В. Будаев Современные	

радиопоглощающие материалы и области их применения	42
И.С. Кашкин, Д.Н. Уколов, А.В. Будаев Материалы СВЧ электроники и их применение	46
П.И. Морозова, И.С. Кашкин, А.В. Будаев Материалы диэлектрических антенн	50
А.А. Звигинцева, К.Е. Валужева Исследование теплопроводящих силиконовых композиций на основе одностенных углеродных нанотрубок с дополнительными теплопроводящими наполнителями	54
Ю.О. Веляев, Е.М. Кушнарера Изучение зависимости распределения удельного поверхностного заряда алюмокремниевых композитов, полученных из нефелина, от концентрации серной кислоты, взятой для их выделения	59
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
Р.Н. Беленьков, И.А. Ключиков Генератор для цифрового ультразвукового анализатора качества топлива	63
А.В. Будаев, К.П. Сулима Аппаратно-программный комплекс многопоточковой визуализации мультимедийных данных	66
И.Н. Ефимова Особенности моделирования динамических режимов электронно-лучевой сварки	70
В.С. Зверева, А.В. Будаев Обзор элементов активных фазированных антенных решеток на отечественном рынке	75
А.А. Кошелевская, Р.Н. Беленьков Методы и средства исследования характеристик технических жидкостей в неразрушающем контроле	80
Н.О. Серова, В.П. Гугало Микроскопия высокого разрешения в биомедицинских исследованиях	85
К.П. Сулима Применение GPU для обработки телекоммуникационных сигналов	90

А.Д. Коптев, А.С. Сизов, Л.С. Крыжевич JETSONTX2 как аппаратное обеспечение встраиваемых систем машинного зрения	94
А.В. Апарнева, Д.Ф. Белоножко, С.Е. Кокин Об устойчивости двухслойной жидкости в вибрационном электрическом поле	102
П.А. Белов, С.С. Занин Электрогидродинамическое управление потоками жидкостей при протекании тока	106
ПОЛИМЕРЫ, ОРГАНИЧЕСКИЕ И БИОМЕДИЦИНСКИЕ МАТЕРИАЛЫ	
Д.Н. Уколов, А.В. Гречишников, А.В. Будаев Анализ применимости токопроводящих полимеров	108
Е.В. Грехнёва, В.Л. Белоконь Возможности получения микрокапсулированной в «Eudragit®L100» формы N-(4-гидроксифенил)ацетамида	113
И.В. Локтионова, Е.В. Грехнева, Т.Н. Кудрявцева, Д.М. Ярмамедов Возможности получения лекарственных препаратов пролонгированного действия для офтальмологии на основе карбоксиметилцеллюлозы	117
М.А. Власюк, Т.Н. Кудрявцева Арилиденгидразиндын6Н-индол[2,3-b]-хиноксалин-3 карбоновой кислоты. Синтез и биологическая активность	119
Т.Н. Кудрявцева, П.И. Сысоев, Н.В. Данилова Возможности N-алкилирования и N-ацилирования 6Н-индоло[2,3-b]хиноксалина хлор-ацетилхлоридом	122
В.Э. Мельниченко, И.Б. Кометиани, Л.Г. Климова Синтез и биологическая активность некоторых новых производных 6-Н-индоло[2,3-b]хиноксалина	126
Е.В. Грехнёва, С.В. Орлова, И.Б. Кометиани Применение ацетилцеллюлозы для создания лекарственных препаратов пролонгированного действия	128
Т.Ю. Рязанцева, Т.Н. Кудрявцева, П.И. Сысоев, Л.Г. Климова	

Синтез и биологическая активность 2-(2-(9-оксоакридин-10(9H)-ил)ацетил)гидразинкарботиоамида и некоторых его производных	133
Е.В. Грехнева, И.Б. Кометиани, А.О. Гусельникова, Ю.И. Петрова Возможности использования методов микрокапсулирования и адсорбции для создания лекарственных препаратов пролонгированного действия	136
Т.Н. Уйманова, Е.В. Грехнева, Т.Н. Кудрявцева, А.Ю. Горобец Возможность микрокапсулирования пробиотиков в кишечнорастворимый полимер EUDRAGIT®L100	138
О.Н. Лопухина, Е.С. Соболева, Е.Н. Розанова, И.Б. Кометиани Комплексное влияние физических и химических факторов на денатурацию нативного кератина	142

**РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
КУРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА НА БАЗЕ
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА**

© О.В. Яковлев^{1,2}

¹*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

²*ООО «Малое инновационное предприятие*

«Междисциплинарный нанотехнологический центр», г. Курск, Россия

Рассмотрены результаты создания инновационной инфраструктуры Курского государственного университета на базе центра коллективного пользования высокотехнологичным оборудованием. Предложен вариант организации команды для эффективного выполнения инновационного проекта. Рассмотрено влияние созданной инфраструктуры на эффективность инновационной деятельности КГУ.

Ключевые слова: *инновационная инфраструктура, организационная модель инновационного проекта, эффективность инновационной деятельности.*

Создание инновационной инфраструктуры и коммерциализация результатов интеллектуальной деятельности являются одним из важных инструментов повышения эффективности деятельности вуза и обеспечения его конкурентоспособности на рынке образовательных услуг. Программа развития инновационной инфраструктуры КГУ была принята в 2011 г. как проект создания Междисциплинарного нанотехнологического центра КГУ, предназначенного для разработки высокотехнологичных продуктов и услуг», имеющий целями [Яковлев О.В., 2013]:

– обеспечение повышения качества высокотехнологичных продуктов и услуг, а также трансфер в современные и перспективные производства ре-

зультатов интеллектуальной деятельности, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, разработанных новых материалов, технологий и изделий;

– создание инновационной инфраструктуры для обеспечения режима коллективного пользования дорогостоящим аналитическим, технологическим и диагностическим оборудованием микро- и нанoeлектроники, биоинженерии и биоинформатики, физических, химических, биологических и биомедицинских нано- и супрамолекулярных технологий сотрудниками научных, педагогических и студенческих коллективов города Курска, а также сторонними пользователями.

Решение поставленных задач после завершения создания Междисциплинарного нанотехнологического центра КГУ (МНТЦ) и ввода в эксплуатацию его оборудования осуществлялось путём проведения серии НИОКР, определения вариантов коммерциализации их результатов и расширения сети научно-технического сотрудничества, что подробно описано в [Яковлев О.В., 2013, Яковлев О.В., 2014, Яковлев О.В., 2015, Яковлев О.В., 2016]. В итоге, по состоянию на сегодняшний день, МНТЦ в рамках аутсорсинга ряда бизнес-процессов способен оказывать услуги по исследованию различных материалов, используя широкий спектр аналитических методов:

- цифровая оптическая микроскопия высокого разрешения,
- атомно-силовая микроскопия,
- растровая и просвечивающая электронная микроскопия,
- фокусированный ионный пучок,
- микрорентгеноспектральный анализ,
- рентгенофлуоресцентный микроанализ,
- рентгеновская томография высокого разрешения,
- сканирующая рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия,
- спектрофотометрия,
- гранулометрия порошковых материалов и суспензий,

– а также некоторые виды пробоподготовки.

За прошедшую с момента открытия МНТЦ пятилетку получен опыт постановки и реализации инновационных проектов различного уровня сложности с привлечением в качестве ответственных исполнителей или руководителей не только профессорско-преподавательского состава университета, но и студентов магистратуры и старших курсов бакалавриата. Апробирована организационная модель инновационного проекта, обеспечивающая не только успешное достижение поставленных целей, но и сильное вовлечение как студентов младших курсов в рамках научно-исследовательской работы, так и старшеклассников, как сильных участников в пределах проектной деятельности школьников (рисунок 1).

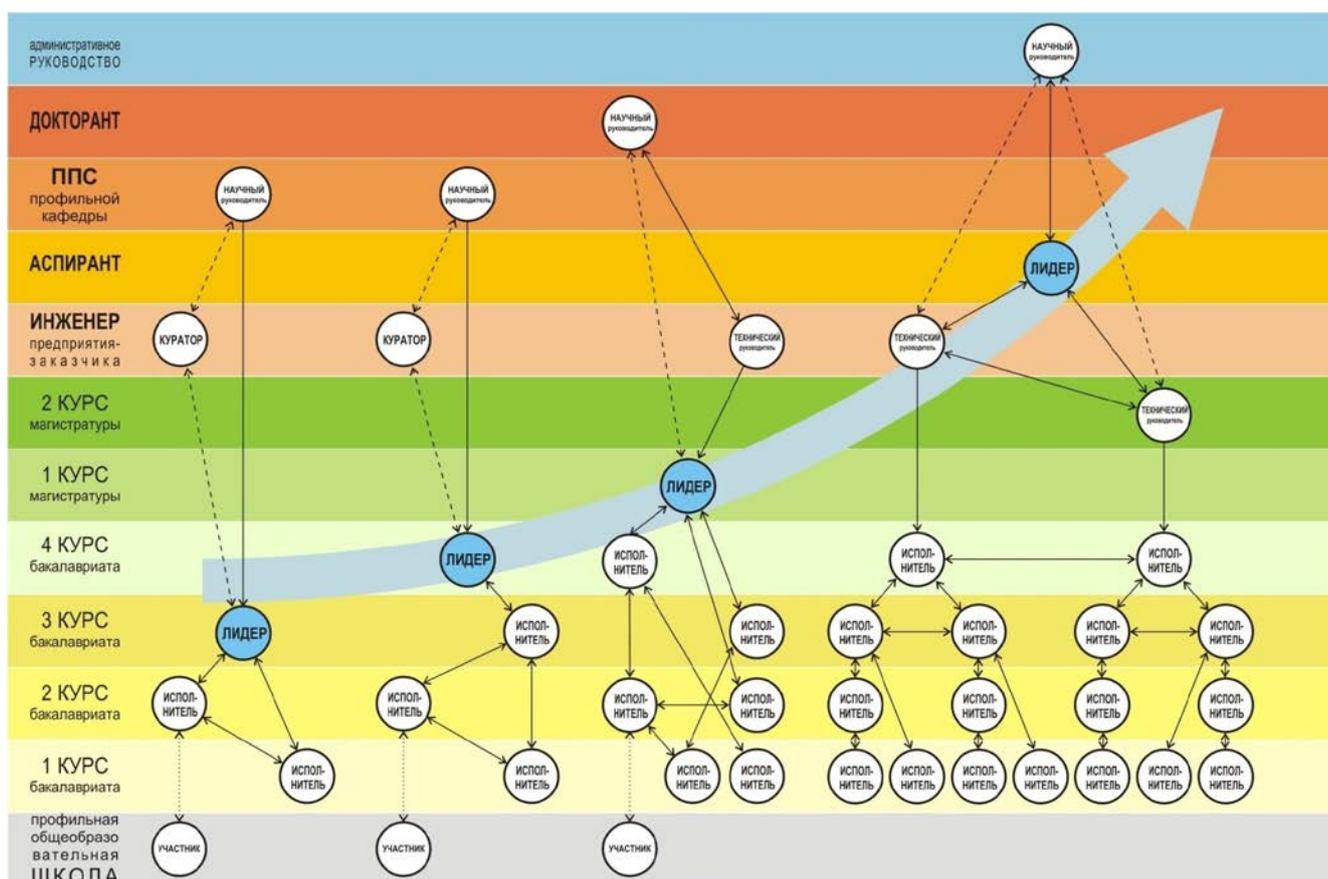


Рис. 1. Организационная структура инновационных проектов

Ключевой фигурой проекта в предлагаемой организационной модели является лидер, квалификационные требования к которому в простых проектах вполне могут удовлетворяться компетенциями, достижимыми на старших кур-

сах бакалавриата. По мере получения опыта выполнения инновационного проекта, лидер приобретает навыки руководства более сложными организационными структурами.

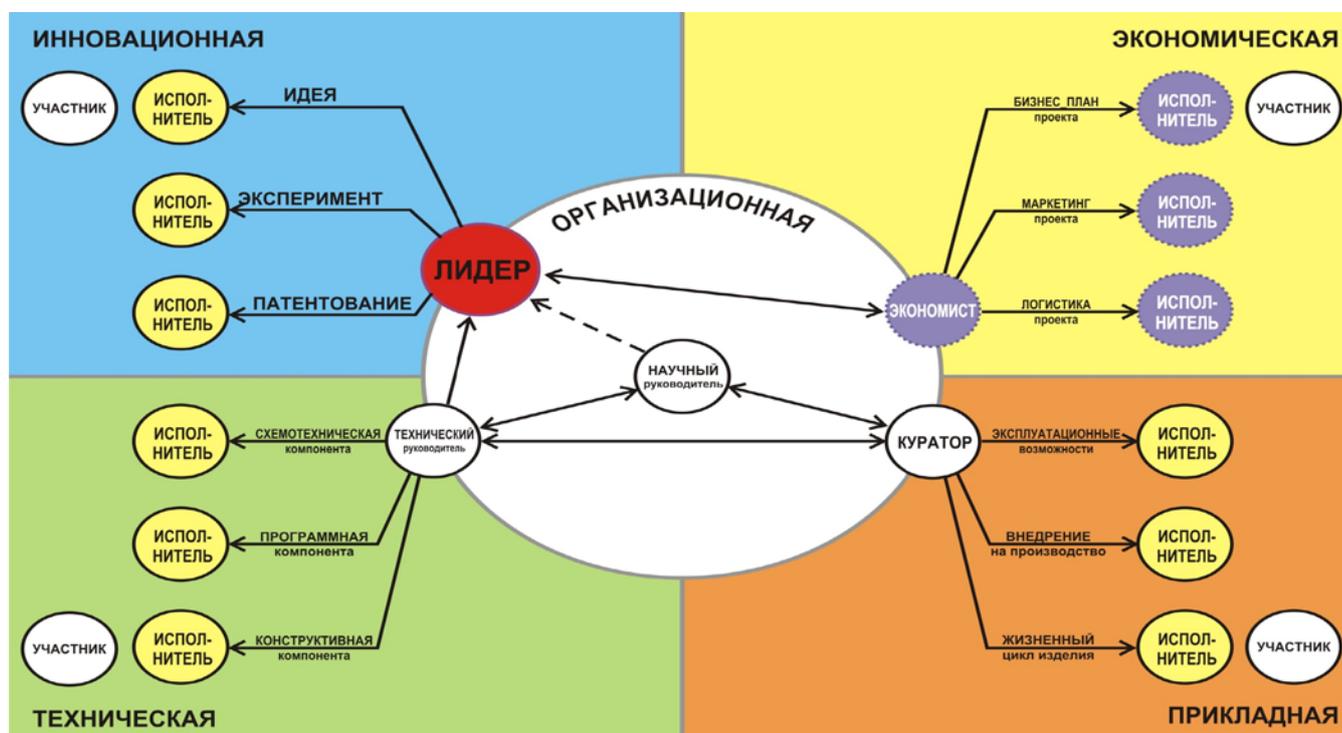


Рис. 2. Типовые роли участников инновационного проекта

Для гарантированного достижения целей инновационного проекта общее руководство лидером осуществляет научный руководитель; значительным мотивационным фактором может являться совпадение научных интересов руководителя с направленностью проекта. В случаях выполнения проекта в интересах внешнего заказчика (например, промышленного предприятия), в состав проектной команды вводится куратор. При необходимости выполнения НИОКР на стыке смежных предметных областей к работе может привлекаться технический руководитель.

Из анализа типовых ролей участников инновационного проекта (рисунок 2) следует очевидный вывод, что, как правило, профильной теме проекта компетенции исполнителей не отвечают потребностям экономической части проекта. Целесообразным при этом представляется вовлечение в проект преподавателей и студентов экономических направлений подготовки.

Эффективность выполнения инновационных проектов в соответствии с предложенной организационной структурой подтвердилась получением разработок, которые были одобрены и поддержаны Фондом содействию развития малых форм предприятий в научно-технической сфере в форме нескольких грантов по программе УМНИК, а два проекта:

– «Разработка и производство элементов антенно-фидерных трактов диапазона сверхвысоких частот на основе композиционных материалов» и

– «Разработка и производство экспресс-анализатора качества бензинов и дизельного топлива бытового назначения» –

позволили получить финансирование по программе СТАРТ и создать новые инновационные предприятия.

Достигнутые в развитии инновационной инфраструктуры КГУ результаты обеспечили устойчивый рост количества сотрудников и студентов, занимающихся инновационной деятельностью (рисунок 3, таблица 1). Также наблюдается тенденция к росту количества инновационных проектов и рабочих мест в них, что, однако, не сказывается на интенсивности интеллектуальной деятельности (рисунок 4, таблица 1).

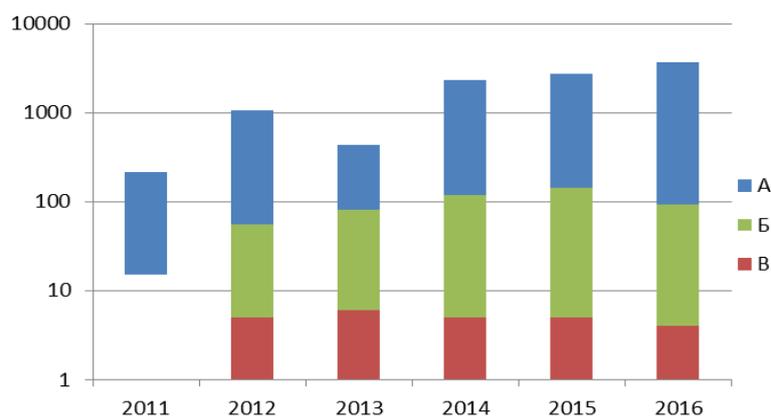


Рис. 3. Динамика кадрового потенциала инновационной деятельности КГУ

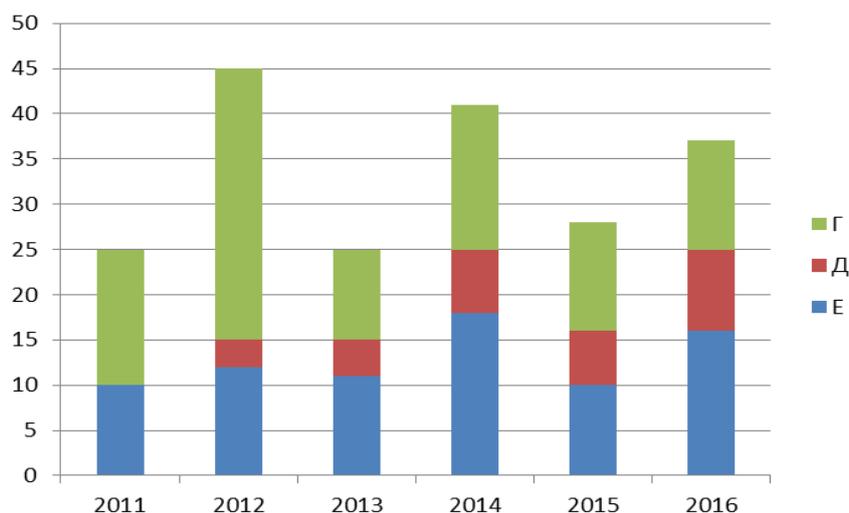


Рис. 4.– Динамика трансфера результатов интеллектуальной деятельности КГУ

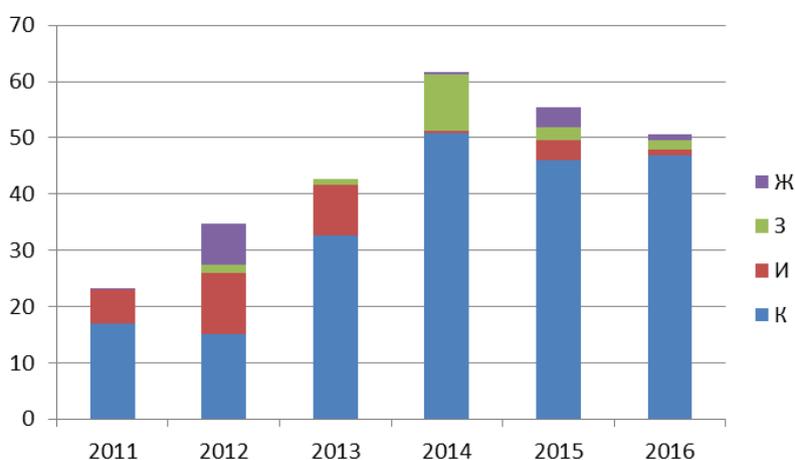


Рис. 5. Соотношение объёмов инновационных проектов и НИОКР КГУ

Таблица 1 – Легенда рисунков 3-5

Индекс	Индикатор эффективности инновационной деятельности
А	Количество подготовленных и повысивших квалификацию инновационно-ориентированных кадров для малого и среднего инновационного предпринимательства по разработанным программам, человек
Б	Количество студентов, аспирантов и представителей профессорско-преподавательского состава, участвующих в работе хозяйственных обществ, человек
В	Численность сотрудников и представителей профессорско-преподавательского состава, прошедших стажировки и программы повышения квалификации в сфере инновационного предпринимательства и трансфера технологий на базе объектов инновационной инфраструктуры ведущих иностран-

	ных университетов, человек
Г	Количество рабочих мест в созданных инновационной инфраструктуре и хозяйственных обществах, единиц
Д	Количество реализуемых созданными хозяйственными обществами проектов, поддержанных Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере и другими организациями, единиц
Е	Количество результатов интеллектуальной деятельности, принятых к бюджетному учету, единиц
Ж	Объем высокотехнологичной продукции, созданной с использованием элементов инновационной инфраструктуры, млн. руб.
З	Объем внебюджетных средств, привлеченных созданными хозяйственными обществами для реализации проектов, поддержанных Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере и другими организациями, млн. руб.
И	Объем выполняемых на базе инновационной инфраструктуры работ и услуг, млн. руб.
К	Объем выполняемых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, млн. руб.

В то же время, ни возникновение инновационной активности в КГУ в момент создания в 2012 г. МНТЦ, ни тенденция к её расширению в последующие годы не привели к устойчивому росту инновационной составляющей объёмов НИОКР в финансовом выражении (рисунок 4, таблица 1). К возможным причинам этого следует отнести:

- 1) территориальную локализацию инновационной инфраструктуры КГУ:
 - отсутствие заинтересованности промышленных предприятий в изменении технологических или бизнес-процессов и внедрении инновационных разработок,
 - недостаточное количество активных научных коллективов,
 - недостаток высококвалифицированных кадров,

- отсутствие действующей программы инновационного развития региона;
- 2) недостаточный уровень финансовой поддержки для проектов в области радиоэлектроники;
- 3) отсутствие в составе команд исполнителей с экономическими компетенциями.

Библиографический список

Яковлев О.В. Междисциплинарный нанотехнологический центр: итоги выполнения программы развития инновационной инфраструктуры Курского государственного университета в 2013 году. // Сб. тр. 3-й Всеросс. конф. «Образовательный, научный и инновационный процессы в нанотехнологиях» / Курск: – 2013.

Яковлев О.В. Междисциплинарный нанотехнологический центр: итоги выполнения программы развития инновационной инфраструктуры Курского государственного университета в 2014 году. // Сб. тр. 4-й Всеросс. конф. «Образовательный, научный и инновационный процессы в нанотехнологиях» / Курск: – 2014.

Яковлев О.В. Междисциплинарный нанотехнологический центр: итоги выполнения программы развития инновационной инфраструктуры Курского государственного университета в 2015 году. // Сб. тр. 5-й Всеросс. конф. «Образовательный, научный и инновационный процессы в нанотехнологиях» / Курск: – 2015.

Яковлев О.В. Междисциплинарный нанотехнологический центр: итоги выполнения программы развития инновационной инфраструктуры Курского государственного университета в 2016 году. // Сб. тр. 6-й Всеросс. конф. «Образовательный, научный и инновационный процессы в нанотехнологиях» / Курск: – 2016.

СКАНИРУЮЩИЕ ЗОНДОВЫЕ МИКРОСКОПЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ УНИВЕРСИТЕТОВ И ШКОЛ, И ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ ДЛЯ МИРОВОГО РЫНКА АНАЛИТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

© В.А. БЫКОВ^{1,2,3}

¹Группа компаний NT-MDT Spectrum Instruments, г. Москва, Зеленоград, Россия

²Кафедра микроэлектроники ФФКЭ МФТИ, г. Москва, Зеленоград, Россия

³Нанотехнологическое общество России, г. Москва, Зеленоград, Россия

В статье рассматривается история зарождения и развития мощного аналитического метода нанотехнологии - сканирующей зондовой микроскопии, ее современные возможности и дальнейшие перспективы развития. Рассматривается один из вариантов СЗМ – прибор для образовательного процесса и комплекс необходимого сопутствующего одорурования. В статье рассматриваются, также, возможности развития техники и технологий научного приборостроения для мирового рынка и перспективы отечественного бизнеса в этом секторе промышленности

Ключевые слова: *атомно-силовая микроскопия, АСМ, сканирующая туннельная микроскопия, СТМ, нанолитография, нанотехнология, кантилверы, НАНОЭДЬЮКАТОР*

Сканирующая зондовая микроскопия зародилась в 1966 году в группе национального института стандартов США (Рассел Янг) и начала развиваться как один из основных методов исследования наноструктур первоначально группой исследователей швейцарского отделения компании ИВМ, нобелевских лауреатов 1986 года, Хельмута Биннига и Генриха Рорера. Развитие метода стало возможным с появлением персональных компьютеров, как систем управления приборами, сбора и обработки результатов.

Первой исключительно важной, ключевой инновацией, предложенной группой Рассела Янга, стало использование пьезоэлектрической керамики для осуществления взаимных перемещений острия и образца друг относительно друга.

Г. Бинниг и Г. Рорер показали, что при помощи прибора, названного ими сканирующим туннельным микроскопом, принципиальная схема которого подобна Топографу Янга, позволяет получать изображения отдельных атомов. Для управления прибором и обработки результатов начали использоваться персональные компьютеры. Прогресс в возможностях приборов и до сегодняшнего дня определяется мощностью используемых компьютеров. В 1986 году этой же группой было предложено использование трубчатого пьезокерамического сканера. Для регистрации рельефа поверхности было предложено использовать гибкие балки с острой иглой на незакрепленном конце – кантилеверы, а приборы для регистрации рельефа были названы атомно-силовыми микроскопами (АСМ). В АСМ Биннига, Квайта и Гербера использовался туннельный датчик для регистрации нормального перемещения кантилевера, что крайне неудобно. Мощной инновацией, сделавшей АСМ реальностью, стало изобретение Аммера и Майера оптико-позиционная схема для регистрации изменения углов наклона кантилевера, что при использовании в качестве регистрирующего элемента четырех-секционного фотодиода позволяет регистрировать как нормальные, так и латеральные силы взаимодействия зонда и исследуемой поверхности образца.

Инновация, предотвращающая действие капиллярного эффекта, рожденная в конце 1986 года, была предложена как принципиальная возможность Биннигом, ее реальные возможности показаны группой Ducker W.A., Cook R.F., Clarke D.R. и интегрирована в первые промышленные атомно-силовые микроскопы Верджилом Элингом под названием «теппинг» или полуконтактной моды.

В 1987 году группой исследователей было предложено изготавливать кантилеверы с использованием арсенала кремниевой технологии, где были уже разработаны приемы селективного травления как «канавок», так и острий с уг-

лом при вершине, определяемой свойствами кристалла. Толщину балок можно было задавать либо толщиной покрытия, либо глубиной легирования бором или фосфором. Возможность изготавливать кантилеверы методами «групповых» технологий микроэлектроники сделало их доступным расходным материалом и обеспечило возможность широкого распространения метода.

В конце восьмидесятых – начале девяностых годов XX века была показана возможность регистрации при помощи методов СЗМ ряда физических свойств поверхностей в различных условиях – от сверхвысокого вакуума – до исследований на границе раздела твердое тело – жидкость, методов модификации поверхности – т.н. СЗМ литографии, которые в настоящее время интегрированы в большинство СЗМ под несколько разными названиями, что не меняет физической сущности методов.

В конце 80-х годов работы по созданию сканирующих зондовых микроскопов стартовали и в СССР. Была организована корпорация МДТ, в которой и были начаты работы по созданию сканирующих зондовых микроскопов с возможностями литографов, на которых можно было бы проводить как исследования, так и модификацию свойств молекулярных структур, в том числе и ЛБ-пленок.

К 1995 году были созданы и атомно-силовые микроскопы, а к 1997 – многододовые приборы, на которых можно было проводить комплексные исследования поверхностных структур, в том числе и ЛБ-пленок не разрушая их в процессе исследования.

К настоящему времени сканирующая зондовая микроскопия вошла в состав классических методов исследования наноструктур и широко используется для качественной оценки физико-химических свойств и геометрических параметров поверхностей. Тем не менее, до сегодняшнего дня СЗМ относится к числу эксклюзивных методов, требующих как для получения данных, так и для их интерпретации специальных знаний и навыков, что сдерживает широкое распространение метода.

Кроме топографии, сканирующие зондовые микроскопы позволяют измерять целый ряд физических свойств:

- распределение поверхностного электрического потенциала;
- распределение поверхностной проводимости;
- распределение электрической емкости системы зонд-поверхность $C(x,y)$, а также dC/dz , dC/dV ;
- распределение магнитных сил в системе зонд с заданной намагниченностью - поверхность;
- распределение пьезо-электрических свойств;
- распределение теплопроводности;
- распределение механических свойств (модуля Юнга, твердости);
- распределение адгезионных свойств.

Измерения можно производить на воздухе, а газовой атмосфере заданного состава, в жидкости, в низком, высоком.

СЗМ в системе школьного и вузовского образования

Для развития современных технологий исключительно важной задачей является подготовка специалистов. Это процесс необходимо начинать со школьной скамьи. Видеть и иметь возможность активно воздействовать на молекулярные структуры – это резко меняет и усиливает глубину понимания физики, химии, биологии. На рис. 6 приведена фотография и возможности последнего варианта прибора НАНОЭДЬЮКАТОР, которым в настоящее время оборудованы десятки учебных классов России и мира. Этот прибор вошел в число лучших разработок мира по версии журнала Research&Developments в 2011 году (<http://www.rdmag.com/article/2011/06/2011-r-d-100-award-winners>, http://www.nanometer.ru/2011/07/09/nt_mdt_260146.html).

Следует отметить, что сканирующие зондовые микроскопы – это приборы весьма чувствительные к внешним акустическим помехам, перепадам температуры, изменению влажности, что приводит к дрейфам зонда относительно образца, неконтролируемым смещениям, сбоям во время сканирования. Для минимизации этих факторов необходимо эксплуатировать приборы внутри аку-

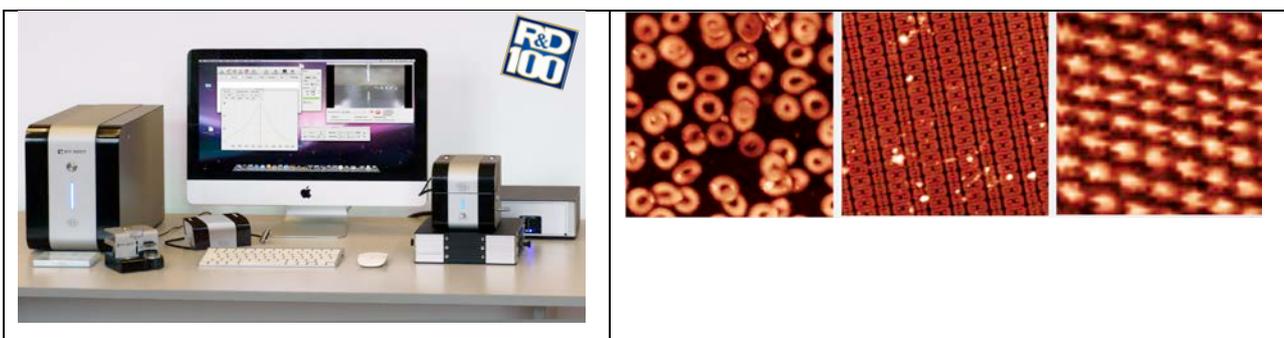
сто - защищенных боксов, оснащенных системой активной или пассивной виброзащиты, системой поддержания температуры и влажности высокой точности. Обеспечение всех этих условий в настоящее время не является сверхсложной и дорогостоящей задачей и решена для всего ряда сканирующих зондовых микроскопов НТ-МДТ, обеспечивая дрейф менее 10 нм/час, что позволяет получать атомарное разрешение даже при относительно малых частотах сканирования.

Мощное развитие получили комбайны сканирующих зондовых микроскопов и спектрометров, совмещающие методы высокоразрешающих измерений топографии и различных физических свойств поверхностных структур. Приборы позволяют получать информацию как о физических свойствах поверхностных структур, так и о качественном составе поверхности из данных люминесцентной спектроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния и ИК-спектроскопии высокого пространственного разрешения.

Последовательное инновационное развитие сканирующих зондовых микроскопов позволило репозиционировать эти приборы, существенно снизить требования к пользователям от энтузиастов метода, до специалистов в зондовой микроскопии, а в настоящее время приборами последних разработок группы компаний NT-MDT Spectrum Instruments с успехом могут пользоваться и лаборанты, и инженеры для контроля технологических параметров процессов, и специалисты-материаловеды, цель которых получить хорошо интерпретируемую информацию о физических и физико-химических особенностях объекта.

Российское приборостроение для мирового рынка научного оборудования

В Советском Союзе, в Российской Федерации наука была всегда развита, а вот научное приборостроение всегда отставало несмотря на то, что многие изобретения, лазеры, например, или атомно-слоевое нанесение, были предложены именно в России. В чем причины?



Прибор для системы образования НАНОЭДЬЮКАТОР-II и изображения эритроцитов (размер скана 50x50 мкм), участка микросхемы (размер скана 30x30 мкм) и атомной структуры высоко-ориентированного пиролитического графита (СТМ скан размером 2x2 нм), полученные на этом типе приборов.

Рынок научного оборудования очень динамичен, а система планирования, необходимая для развития крупных отраслей, динамизмом не отличается, а малых и средних компаний в Советском Союзе, в отличие от современного Китая, например, не было по определению. В настоящее время положение изменилось, малые и средние компании возможны, а отраслевые системы развития так пока и не восстановились. В этом сложности. Но работа в рамках мирового рынка, хотя и затрудняется некоторыми внешними обстоятельствами, но возможна. Именно этой возможностью и воспользовалась группа компаний НТ-МДТ Спектрум Инструментс. За почти 30 лет существования удалось развить дистрибьюторскую сеть, представительства, создать хорошую кооперацию между разработчиками компании, университетами как внутри страны, так и вне ее, чтобы чувствовать потребности рынка, развивать инновации, создавать и предлагать рынку технику с наилучшими из возможных в настоящее время свойств и параметров.

Мы надеемся, что дальнейшее развитие этой системы могут превратить Россию в лидера сектора научного и исследовательского оборудования Мира.

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ И ДИАГНОСТИКИ НАНОМАТЕРИАЛОВ И ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

© С.Н. Хаханов

ООО «Системы для микроскопии и анализа», г. Москва, Россия

Цель настоящего доклада – показать возможности современной сервисной аналитической лаборатории в ряде поставленных задач на базе современных инновационных методов исследования и диагностики:

- *Комплексные мультимасштабные исследования различных объектов (от макро к нано);*
- *3D-реконструкция объектов с последующей математической обработкой по ряду признаков;*
- *Анализ структуры и элементного состава;*
- *Изготовление и исправление прототипов микро- и наноструктур.*

Ключевые слова: *наноматериалы, нанотехнологии, исследования, лаборатория.*

Разработка высокотехнологичных изделий и наноматериалов - одно из самых передовых и перспективных направлений науки и промышленности. Большой вклад в развитие данного направления вносят прорывные современные технологии, где немаловажную роль играют инновационные методы исследования наноматериалов и диагностики высокотехнологичных изделий.

Современная аналитическая лаборатория является провайдером в решении задач на стыке современной фундаментальной и прикладной науки, а также новейших технологических процессов, что предполагает наличие высокотехнологичного оборудования и современных методик постановки экспериментов, обеспечивающих:

- Входной-выходной контроль материалов и изделий,

- Отработку технологии получения новых наноматериалов,
- Контроль техпроцесса, анализ отказов и поиск дефектов прототипов и готовых изделий,
- Комплексное исследование высокотехнологичных конструкционных и композиционных материалы,
- Комплексное исследование тонких плёнок и покрытий.
- Анализ микро- и нанослоев в многослойных гетероструктурах.

и т.д.

В докладе будут представлены примеры практического применения высокотехнологичного оборудования и современных методик постановки экспериментов для решения задач в следующих областях науки и производства:

- Материаловедение и металлургия;
- Конструкционные материалы;
- Микро-, нано- и оптоэлектроника;
- Нефте- и газодобывающая промышленность;
- Строительство
- Пищевая, легкая и химическая промышленности.

ПРИМЕНЕНИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ В ВИДЕ ПОРИСТЫХ СТЕКОЛ SiO_2 , НАПОЛНЕННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ BaTiO_3

© Н.А. Емельянов¹, А.И. Рябинин¹, Е.А. Горбач¹, Х.А. Ролдан Лопес², В.М.
Аль Мандалави³, Л.Н. Коротков³

¹Курский государственный университет, г. Курск, Россия

²Национальный университет Трухильо, Перу

³ Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж,
Россия

В статье рассматриваются применение и оптические свойства композитов в виде пористых стекол SiO_2 , наполненных наночастицами BaTiO_3 .

Ключевые слова: сегнетоэлектрические нанокompозиты, наночастицы, пористые стекла.

В настоящее время среди функциональных наноматериалов электроники большое внимание уделяется композитам на основе матриц различных типов (полимеры, пористые оксиды, жидкие кристаллы) с наноразмерными включениями сегнетоэлектрических материалов. Интерес к ним обусловлен как нелинейными оптическими и диэлектрическими свойствами сегнетоэлектриков, так и технологической простотой обработки и изготовления указанных композитов. Пористые стекла и нанокompозитные материалы на их основе широко применяются в биотехнологиях, при производстве мембран, в медицине и фармацевтике, для изготовления газовых и химических сенсоров и датчиков, для увеличения эффективности солнечных панелей и т.п. [Набережнов А. А. 2014].

В матрицах пористых неорганических материалов размерные эффекты и взаимодействие между частицами могут приводить к изменению температуры фазового перехода «сегнетоэлектрик-параэлектрик» [Stukova, E.V. 2011]. В то же время, известно, что ограничения в геометрии и механические напряжения, имеющие место у сегнетоэлектрических включений в матрицах, также оказывают существенное влияние на свойства композитов [Жигалина О.В. 2009]. Кроме того, в указанных композитах образование потенциальных ям на границах раздела «наночастица-матрица», согласно [Kimmel 2013], может приводить к формированию двумерного электронного газа на границе раздела $\text{SiO}_2/\text{BaTiO}_3$.

Для приготовления композитов были использованы образцы пористых стекол SiO_2 (с диаметром пор 320 нм, пористостью 50%, полученных в Вроцлавском технологическом университете (Польша). Наночастицы BaTiO_3 со

средними размерами 100нм, находящихся в кубической кристаллической фазе (Sigma-Aldrich,USA) массой $m=1$ г вводили в бюкс содержащий 5 мл изопропилового спирта, в данную суспензию вносили пористую матрицу и подвергали ультразвуковому диспергированию на установке ИЛ100-6/1, на средней мощности при частоте 22,3742 кГц в течение 20 минут. После прекращения процесса диспергирования матрица находилась в полученной суспензии в течение 24 часов для осаждения в порах диспергированных наночастиц. После извлечения матрицы из суспензии ее сушили в сушильном шкафу при температуре 40°C в течение 10 часов. Полученные образцы матриц с порами, заполненными наночастицами BaTiO_3 , подвергали термической обработке при температуре 1000 °C в течение 5 часов в муфельной печи. Микрофотография образца представлена на рисунке 1.

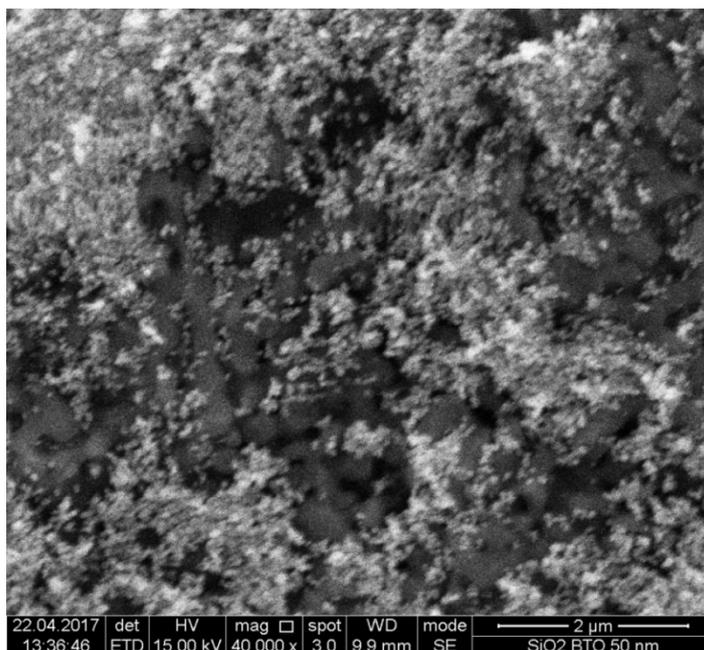


Рис. 1. Образец матрицы пористого кремния с наночастицами BaTiO_3

Спектры ИК-поглощения образцов представлены на рисунке 2.

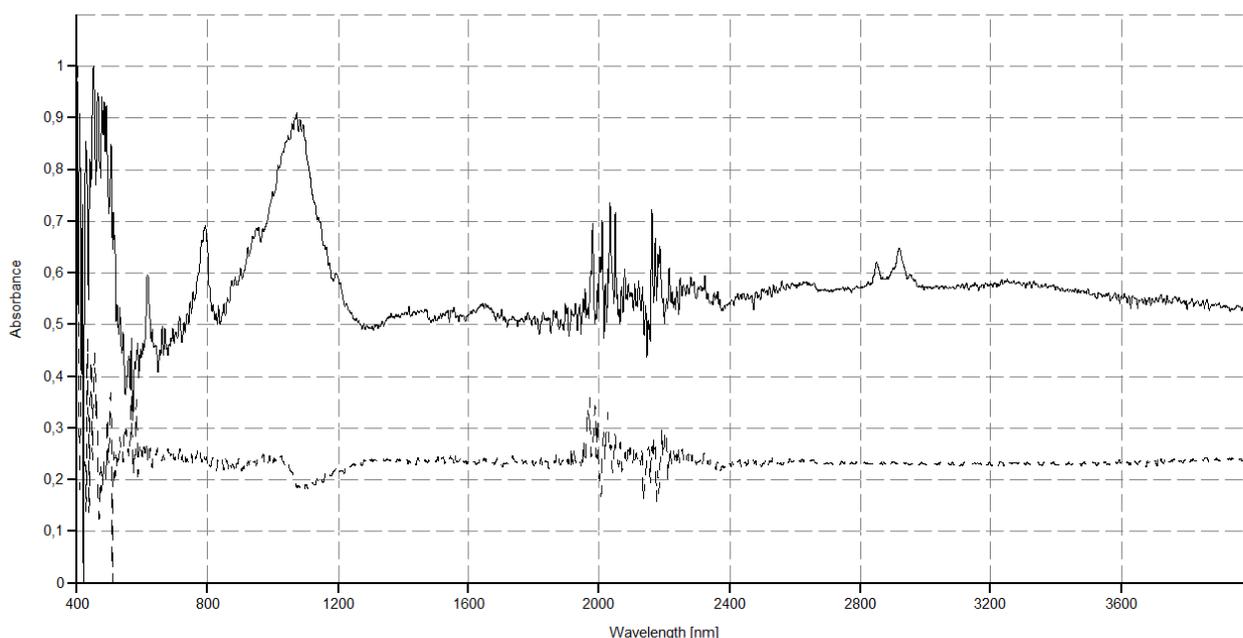
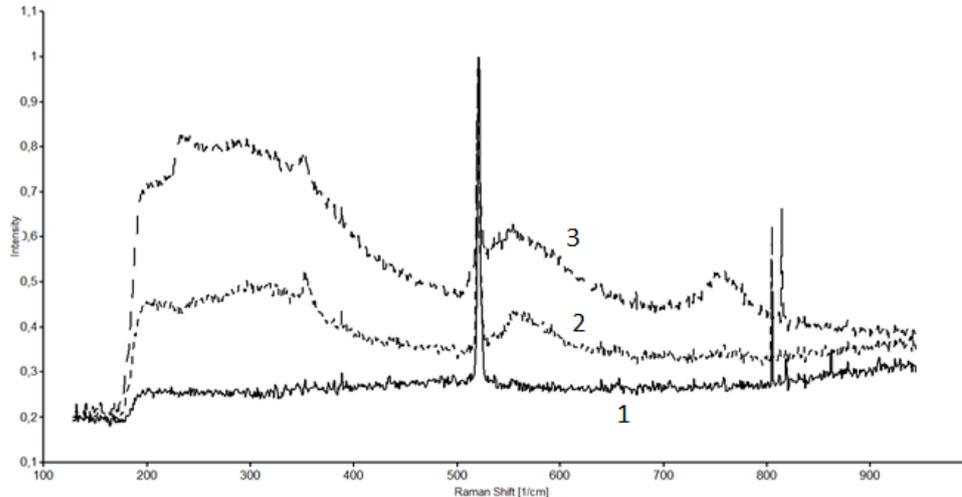


Рис. 2. ИК-спектры пустой матрицы пористого SiO_2 (штрихованная линия) и матрицы SiO_2 , наполненной наночастицами BaTiO_3 (сплошная линия)

Пик интенсивности в районе 520 см^{-1} обусловлен валентными колебаниями Ti-O и свидетельствует о заполнении пор матрицы наночастицами BaTiO_3 . Пики интенсивности 800 см^{-1} и 1000 см^{-1} обусловлены различными типами колебаний как Si-O , так и Ti-O-Si . Рост их интенсивности для заполненной матрицы может быть связан с процессом кристаллизации матрицы при термической обработке, в то время как исходная матрица находилась в аморфном состоянии. Обнаружено наличие системы пиков в полосе $2000\text{-}2300 \text{ см}^{-1}$, которые могут быть связаны как с загрязнениями пор матрицы, так и с возможностью фотоакустических преобразований в сформированных порах [M. Meunier, and E. Sacher].

Спектры комбинационного рассеяния света для пустой, заполненной отожденными и заполненной не отожденными наночастицами матриц приведены на рисунке 3. В спектрах комбинационного рассеяния света полученных образцов отмечается наличие пиков в районах 520 и 720 см^{-1} , а также широкого плато в районе $170 - 320 \text{ см}^{-1}$, характерных для кубической структуры [L. Huang et al 2005]. В кубической фазе всегда наблюдаются две широкие полосы с мак-

симумами 260 и 530 см^{-1} . В то время как пик 330 см^{-1} , характеризует тетрагональную фазу титаната бария [T. Ohio et al 2004]. Таким образом, можно сделать вывод о присутствии в порах матрицы наночастиц как кубической, так и тетрагональной кристаллической фазы.



+

Рис. 3. Спектры комбинационного рассеяния света для образцов(1-пустая матрица, 2-матрица с отожженными наночастицами ВаТiО₃, 3-матрица с не отожженными наночастицами)

Для полученных зависимостей $\epsilon(T)$ и $\text{tg}\delta$ демонстрируют их возрастание на всей области исследования. Наблюдаемая аномалия при температурах $\sim 125^\circ\text{C}$ связана с фазовым переходом «сегнетоэлектрик-параэлектрик в наночастицах ВаТiО₃. Её малая интенсивность может быть связана с низкой долей заполненных наночастицами пор. При росте температуры от 20°C до 75°C происходит снижение $\text{tg}\delta$ на фоне возрастания ϵ , что позволяет предположить, что практически все носители заряда, формируемые термической активацией, захватываются ловушками на границе раздела фаз. Дальнейшее возрастание потерь обусловлено ростом токов утечки. В связи с малой степенью заполнения пор ($\sim 7\%$) следует предположить, что перенос носителей заряда в образце происходит, скорее всего, по матрице.

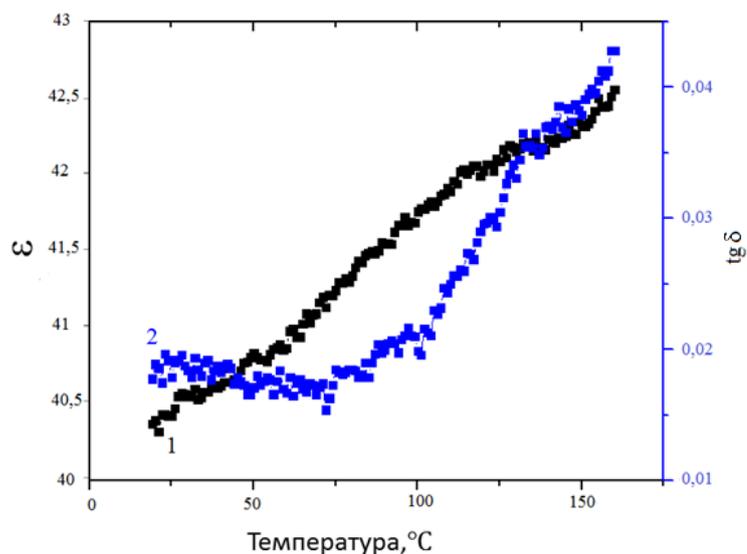


Рис. 4. График зависимости диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь образца матрицы пористого кремния, наполненной наночастицами BaTiO₃ от температуры

Библиографический список

Набережнов А. А. Физические явления в диэлектрических и проводящих функциональных наноструктурах на основе пористых матриц /А.А. Набережнов.- Санкт-Петербург 2014.-180с.

Anna V. Kimmel, Neutral and Charged Oxygen Vacancies Induce Two-Dimensional Electron Gas Near SiO₂/BaTiO₃ Interfaces/ Anna V. Kimmel, Jorge Iniguez, Markys G. Cain, and Peter V. Sushko- 2013- pp.333-337

Stukova, E.V. Stabilization of the ferroelectric phase in (KNO₃)_{1-x}-(BaTiO₃)_x composites // Inorganic materials: applied research. – 2011. – Vol. 2. – No. 5. – P. 434 – 438

Жигалина О.В. Электронная микроскопия наноструктур титаната бария-стронция в матрице оксида алюминия // Физика твердого тела, 2009, том 51, вып. 7 – С. 1400-1402

Yang D.-Q. Photoacoustic Fourier transform infrared spectroscopy of nanoporous SiO_x /Si thin films with varying porosities/Yang D.-Q, M. Meunier, and E. Sacher - JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 98 (2005).

T. Ohio, D. Suzuki, H. Suzuki, T. Ida /Size effect for Barium Titanate Nanoparticles [text] / // Journal Society Powder Technology. – 2004. – Vol. 41 – P. 86–91

L. Huang, Z. Chen, J. D. Wilson, S. Banerjee, R. D. Robinson, I. P. Herman, R. Laibowitz, S. O'Brien Barium titanate nanocrystals and nanocrystal thin films: Synthesis, ferroelectricity, and dielectric properties [text] / Journal of Applied Physics. – 2005. – Vol. 100. – P. 034316 [10 pages]

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ НЕЛИНЕЙНОСТЬ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ТИТАНАТА БАРИЯ

© **Н.А. Емельянов¹, В.В Запорожский², Д.А. Лисицкий², и Л. Н. Коротков²**

¹*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

²*Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия*

Исследована диэлектрическая нелинейность наноструктурированных образцов BaTiO₃, представляющих компактированные наночастицы со средним размером ~50 нм при температурах как ниже, так и выше температуры Кюри. Полученные электрополевые зависимости диэлектрической проницаемости демонстрируют существование доменной структуры как ниже, так и выше температуры фазового перехода. В данном случае существование областей с сегнетоэлектрической фазой может быть обусловлено их стабилизацией дефектами кристаллической решетки.

Ключевые слова: *диэлектрические свойства, титанат бария, наночастицы.*

В последние годы существенно вырос интерес физиков к проблемам се-

гнетозлектриков. Это, с одной стороны, обусловлено их уникальными физико-химическими свойствами, в частности такими, которые отсутствуют у объемных материалов того же химического состава. С другой стороны, внимание к наноматериалам стимулировано их широким практическим использованием, например, в изделиях микро- и наноэлектроники. Здесь представляется весьма перспективным применение, так называемых, интегрированных сегнетоэлектриков для создания энергонезависимой электронной памяти.

Целью данной работы стало изучение нелинейных диэлектрических свойств модельного сегнетоэлектрика титаната бария (BaTiO_3) в наноструктурированном состоянии.

Путем компактирования нанопорошка BaTiO_3 с последующим отжигом на воздухе при температуре 1200°C получены образцы наноструктурированного титаната бария со средним размером кристаллитов около 50 нм .

Измерения проводили с помощью измерителя иммитанса E7-20 на частоте 10 кГц в условиях в режиме термостабилизации. Полученные зависимости диэлектрической проницаемости от напряженности смещающего поля изображены на рисунке.

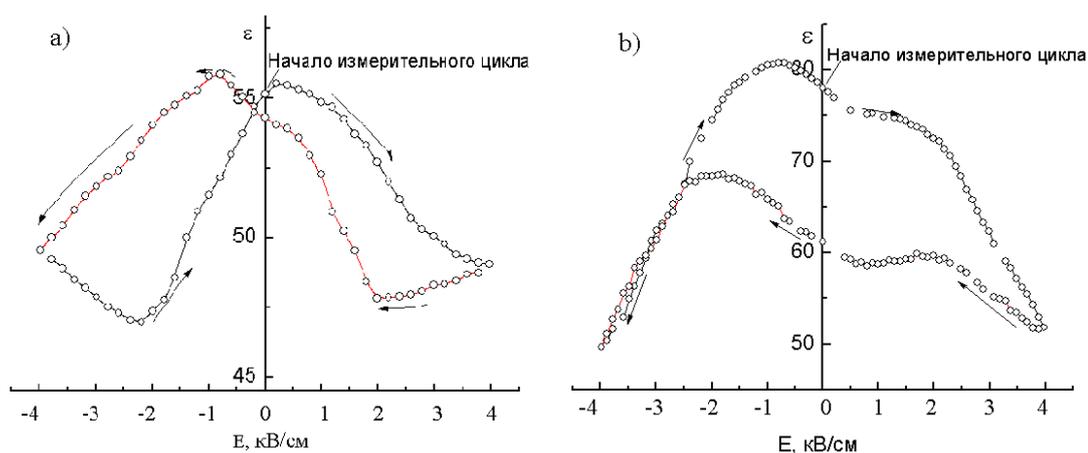


Рис. 1. Зависимость диэлектрической проницаемости от смещающего электрического поля при температуре 60°C (a) и 160°C (b) на частоте 10 кГц

Видно, что исследуемый материал обладает сильной диэлектрической нелинейностью, как ниже (рис. 1 *a*), так и выше (рис. 1 *b*) температуры Кюри $T_C \approx 140$ °С.

Анализ формы, наблюдаемой в полярной фазе электрополевой зависимости диэлектрической проницаемости, указывает на существование в исследуемом материале доменной структуры.

Гистерезисный характер кривой $\varepsilon(E)$, полученной выше T_C позволяет предположить существование выше температуры Кюри областей сегнетоэлектрической фазы стабилизированных, по-видимому, дефектами кристаллической решетки.

Библиографический список

V. Fridkin, S. Ducharme *Ferroelectricity at the Nanoscale*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014.

Th. Michael, S. Trimper & J. M. Wesselinowa *Impact of Defects on the Properties of Ferroelectric Nanoparticles // Ferroelectrics*, 2008, Vol. 363, P. 110–119.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕТРАХЛОРЦИНКАТА РУДИЯ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ГЕОМЕТРИИ

© Л.С. Стекленева¹, Л.Н. Коротков¹, Ewa Rysiakiewicz-Pasek²

¹ *Воронежский государственный технический университет, Воронеж,
Россия*

² *Wrocław University of Science and Technology, Wrocław, Poland*

Исследовано влияния ограниченной геометрии на характер фазового перехода из параэлектрической в несоразмерную фазу во внедренных в пористые

стекла (средний диаметр пор ~23, 160, 320 нм) включениях тетрахлорцинка рублидия (Rb_2ZnCl_4). Установлен рост температуры перехода во всех исследуемых образцах. Обнаружено, что в окрестности размытого фазового перехода температурная зависимость диэлектрической проницаемости описывается «квадратичным законом Кюри-Вейса».

Ключевые слова: сегнетоэлектрики, тетрахлорцинка рублидия, нанокомпозиты.

Физические эффекты, реализующиеся в канонических наноразмерных сегнетоэлектриках, на сегодняшний день в той или иной степени изучены. Вместе с тем, вопросы, связанные с возникновением несоответственной фазы, ее температурной эволюцией и переходом в соответствующую полярную фазу в условиях ограниченной геометрии практически не рассматривались.

Цель данной работы – экспериментальное исследование закономерностей проявления эффекта «ограниченной геометрии» в сегнетоэлектрических кристаллах с несоответственными фазами.

Для эксперимента использовали наноконпозиционные материалы на основе известного сегнетоэлектрика с несоответственной фазой – тетрахлорцинка рублидия (Rb_2ZnCl_4). Наноконпозиты изготавливали путем внедрения соответствующей соли в стеклянные матрицы со средним диаметром сквозных пор 23, 160 и 320 нм. Для маркировки конпозитов были приняты следующие обозначения: RS-23, RS-160 и RS-320, где цифры соответствуют среднему диаметру пор матрицы.

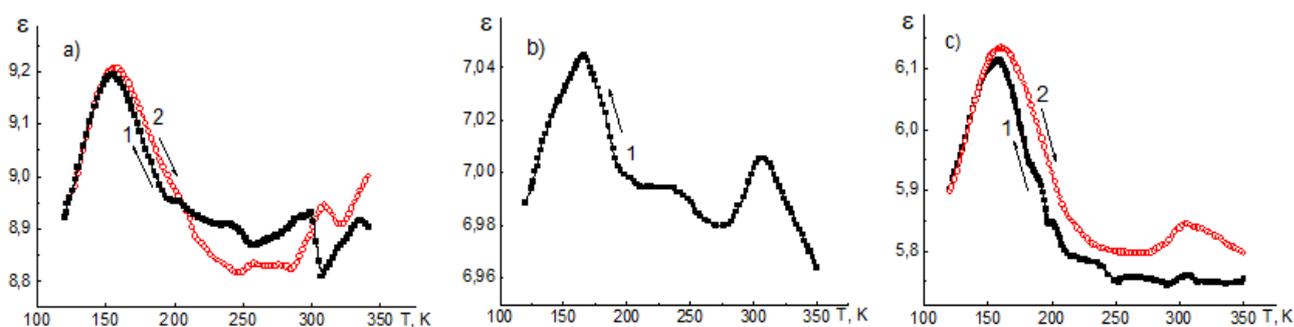
Внедрение материала в предварительно отожженные стеклянные матрицы осуществляли из насыщенного водного раствора при температуре около 100 °С в течении 3,5 часов.

Для проведения диэлектрических исследований на основные поверхности образцов нанесли серебряные электроды. Затем образцы помещали в криостат, где температура изменялась от 100 до 350 К и контролировалась с погрешностью не превышающей 0,2 К. Измерения диэлектрической осуществлялось с

помощью измерителя иммитанса E7-12 на частоте 10 кГц в ходе охлаждения и нагрева образца со скоростью около 1К/мин.

Перед каждым измерением для удаления адсорбированной из воздуха воды осуществляли отжиг образцов при температуре около 400 К. О наличии остаточной влаги судили по изменению емкости образцов в ходе отжига.

Результаты эксперимента представлены на рисунке 1.



а – RS-320; б – RS-160; в – RS-23

Рис.1. Температурные зависимости диэлектрической проницаемости для исследованных образцов композитов (RS-320 - а), (RS-160 - б) и (RS-23 - в), полученные в режиме охлаждения (1) и нагрева (2)

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

1. Установлено существенное понижение температуры и размытие сегнетоэлектрического фазового перехода в частицах Rb_2ZnCl_4 , внедренных в пористые стеклянные матрицы.

2. Температура перехода из параэлектрической в несоизмерную фазу T_i во внедренных частицах незначительно повышается по сравнению с объемным кристаллом тетрахлорцинка рублидия.

3. В широком интервале температур, лежащих выше T_C , температурные зависимости диэлектрической проницаемости следуют закону Кюри – Вейсса. Непосредственно в области размытого сегнетоэлектрического фазового перехода кривые $\epsilon(T)$ более точно описываются «квадратичным законом Кюри – Вейсса».

Библиографический список

Б.Ш. Багаутдинов, В.Ш. Шехтман Эволюция структуры Rb_2ZnCl_4 в температурном диапазоне 4.2-310 К // Физика твердого тела (1999) Т. 41, Вып. 6, С. 1084-1090.

A PHOTOACOUSTIC STUDY OF OPTICSL CHANGES IN COLLOIDAL SILVER NANOPARTICLES

© W. Aldama-Reyna^{1,*}, Jhenry F. Agreda-Delgado¹, M. A. Valverde-Alva¹, Luis M. Angelats-Silva², Henry León-León²

¹Laboratorio de Óptica y Láseres, Departamento Académico de Física, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo- Perú

² Laboratorio de investigación multidisciplinaria, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo-Perú

Colloids of silver nanoparticles were obtained by laser ablation. Analysis of the photoacoustic properties of the obtained colloids revealed that photoacoustic signal were congruent with changes in optical properties evidenced in absorption spectra and size distributions studies.

Key words: *spherical nanoparticles, photoacoustic signal, silver nanoparticles.*

Silver spherical nanoparticles were obtained by the technique of laser ablation in liquids. We use typical experimental setup reported in literature [Zeng, H., et al. 2012, Yang, G. 2007]. A silver target submerged in 10 mL of doubly distilled water was irradiated with an Nd: YAG laser. It operates at 1064 nm wavelength, 10 Hz pulse repetition rate and 10 ns pulse duration at 20 mJ/pulse. The laser beam was focused by a lens having a focal length of 10 cm. The time of synthesis was 5 minutes.

After the synthesis, optical properties changes in colloidal silver nanoparticles were studied mainly using the pulsed photoacoustic technique. In order to obtain photoacoustic signal of silver colloid at different times after the synthesis, 3 mL of colloid was irradiated with nanosecond-pulsed laser radiation of 532 nm and 1 mJ of energy. We used this wavelength due to the significant absorption of colloid at 532 nm. We verified that energy used to obtain a photoacoustic signal did not change optical properties of silver colloid (thermoelastic region).

Photoacoustic signals were detected by a piezoelectric sensor, attached to the container of the colloid sample. This configuration is similar to previously reported in literature [Valverde-Alva, M.A., et al. 2007]. A second colloid sample was analyzed using ultraviolet-visible absorption spectroscopy, dynamic light scattering and zeta potential. The cross-correlation and amplitude of photoacoustic signals as a function of time (up to 6 hours after the synthesis) allowed to show changes in the optical properties of colloid. Result suggested that nanoparticles aggregated and sedimented slowly. Approximately 5 hours after the synthesis, colloids did not showed significant changes. The results obtained when analyzing the photoacoustic signals were congruent with changes in optical properties evidenced in absorption spectra and size distributions studies. This suggests that pulsed photoacoustic technique can be implemented as an in situ monitoring technique to study changes in optical properties of colloids metal nanoparticles.

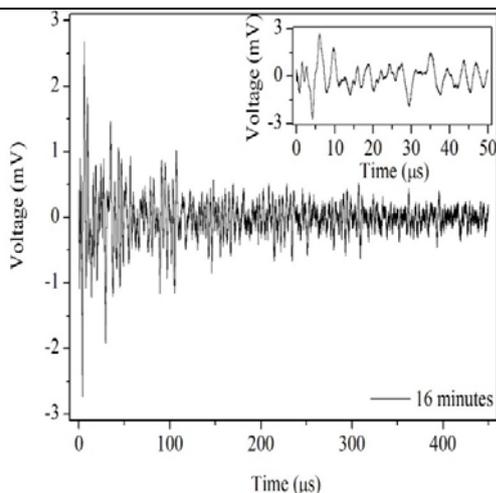


Fig. 1. Photoacoustic signal of the silver colloid, obtained 16 minutes after the synthesis. Inset shows first 50 μs

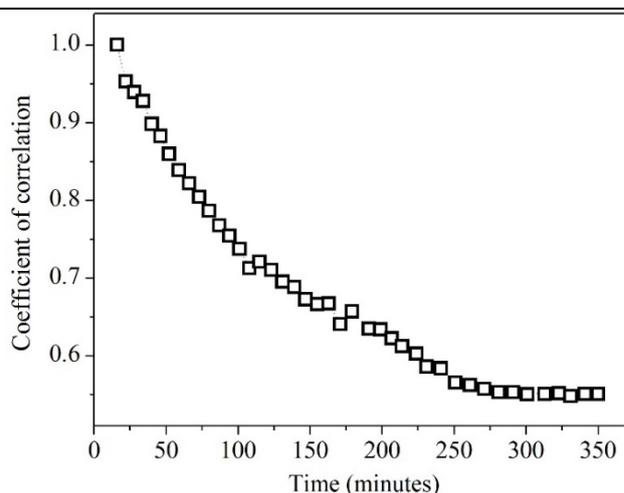


Fig. 2. Coefficient of correlation vs time elapsed after the synthesis. To obtain a coefficient of correlation, a first photoacoustic signal is compared with other photoacoustic signal obtained a time after the synthesis

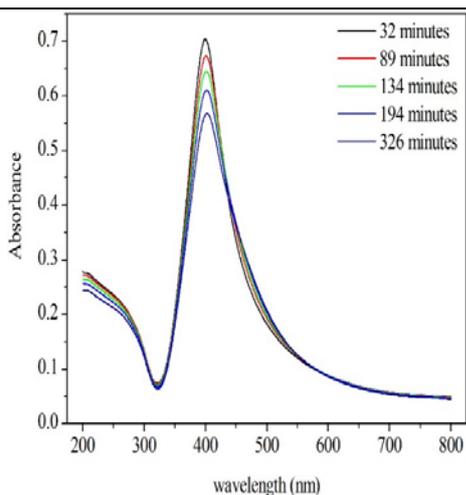


Fig. 3. Absorption spectra as a function of time elapsed after the synthesis

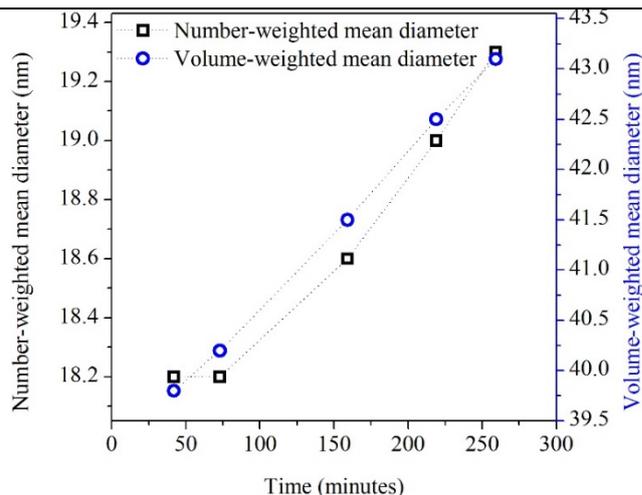


Fig. 4. Hydrodynamic diameter of silver nanoparticles as a function of time elapsed after the synthesis

References

Zeng, H., et al., Nanomaterials via laser ablation/irradiation in liquid: a review. *Advanced Functional Materials*, 2012. **22**(7): p. 1333-1353.

Yang, G., Laser ablation in liquids: applications in the synthesis of nanocrystals. *Progress in Materials Science*, 2007. **52**(4): p. 648-698.

Valverde-Alva, M.A., et al., Synthesis of silver nanoparticles by laser ablation in ethanol: A pulsed photoacoustic study. Applied Surface Science, 2015. **355**: p. 341-349.

PHOTOTHERMAL EFFECT IN COLLOIDAL GOLD NANOPARTICLES. A COMPARATIVE STUDY OF PARAMETERS

© W. Aldama-Reyna^{1,*}, Jhenry F. Agreda-Delgado¹, M. A. Valverde-Alva¹, Luis M. Angelats-Silva², Henry León-León²

¹Laboratorio de Óptica y Láseres, Departamento Académico de Física, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo- Perú

²Laboratorio de investigación multidisciplinaria, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo-Perú

Photothermal effect in colloids of different shapes of gold nanoparticles has been investigated. For each colloidal gold, the temperature change as a function of time showed a nonlinear increase with tendency to a saturation.

Key words: *photothermal effect, gold nanoparticles.*

Colloids with gold nanoparticles of different shapes (spheres or nanorods) were exposed to laser radiation (pulsed or continuous) in order to study photothermal effect. Colloids with gold nanoparticles were obtained by the chemical route. We used water and chloroauric acid as a precursor [Angelats-Silva, L.M., et al., 2016](Brust method). The cuvette containing the colloid was thermally insulated to avoid heat loss. Temperature increases of gold colloid were monitored with a thermocouple (submerged in a colloid).

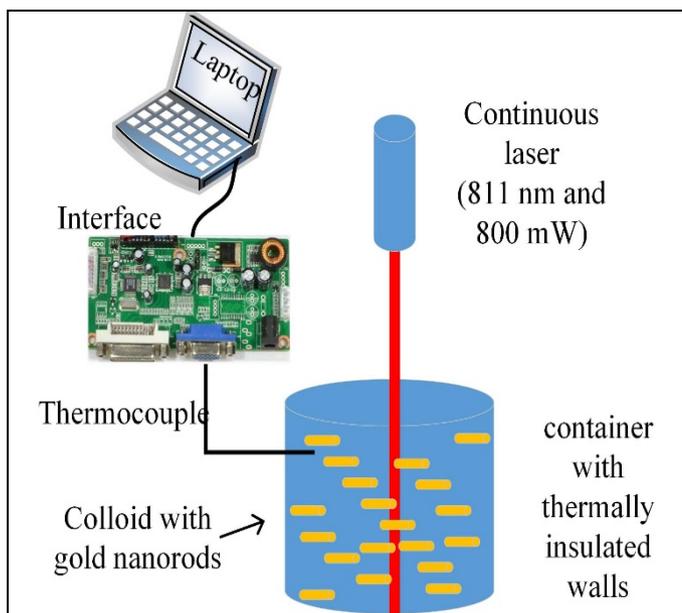


Fig. 1. Experimental setup used to study the photothermal effect in colloidal gold nanorods

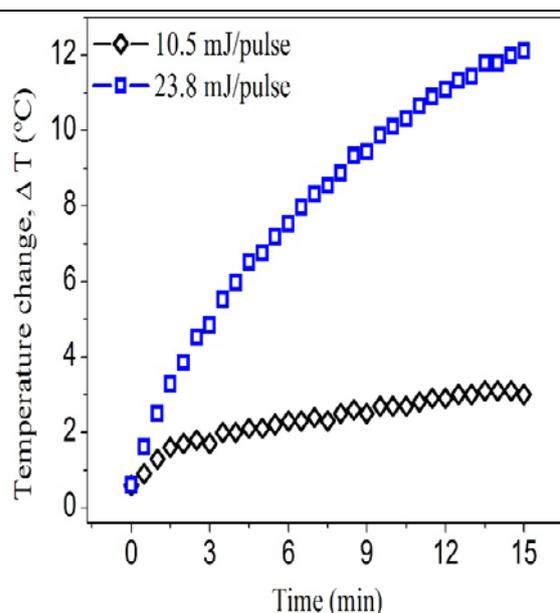


Fig. 2. Temperature change as a function of time for two pulsed laser energy. A colloid with gold nanospheres was irradiated with 532 nm pulsed laser

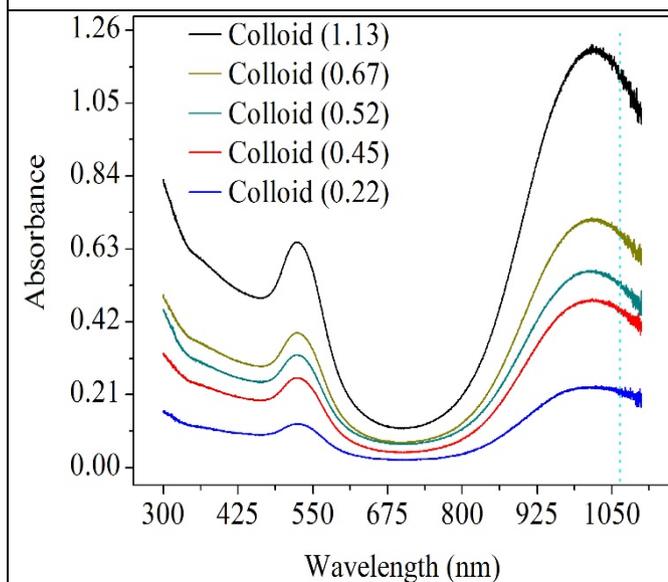


Fig. 3. Absorption spectrum of colloidal gold nanorods for different concentrations. Absorbance at 1064 nm was considered as relative concentration

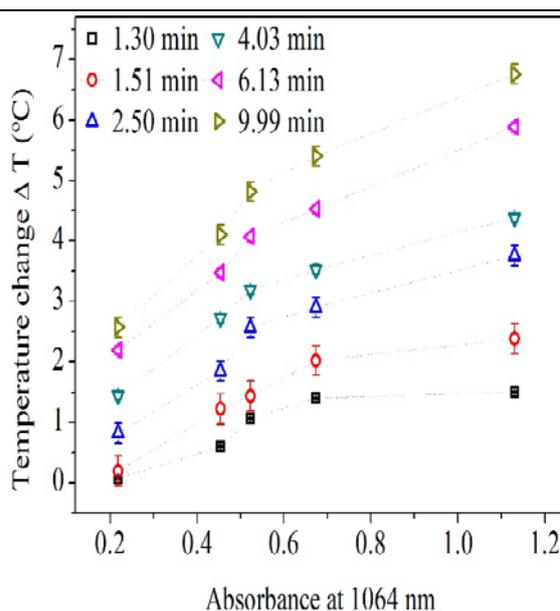


Fig. 4. Temperature change as a function of relative concentration of gold nanorods for different irradiation times

An interface (electronic communication device) connected to thermocouple and a computer was used to obtain data. Absorption spectrum of Colloidal gold nanospheres showed a single peak around 520 nm, known as localized surface plasmon

resonance [Kelly, K.L., et al., 2003]. Colloids with gold nanospheres were irradiated for 15 minutes with nanosecond-pulsed laser radiation of 532 nm, 10 ns of pulse duration and 10 Hz of repetition rate. Unfocused laser pulse of low energy (10.5 mJ or 23.8 mJ) did not produce a plasma in colloid. Absorption spectrum of colloidal gold nanorods showed two plasmon resonance bands, such as it is reported in literature [Mackey, M.A., et al., 2014]. Colloidal gold nanorods with longitudinal mode plasmon resonance band around 1064 nm and 811 nm were irradiated with 1064 nm continuous infrared laser with 500 mW output power and 811 nm continuous infrared laser with 800 mW output power, respectively.

The irradiation time for colloidal gold nanorods was 10 minutes. For each irradiation time, the temperature of a colloid and water was compared to get the difference in temperature. This difference was defined as temperature change. For each colloidal gold, the temperature change as a function of time showed a nonlinear increase with tendency to a saturation.

For Colloidal gold nanospheres, an increase in pulsed laser energy caused an increment in temperature change (for each irradiation time considered in this work). For an irradiation time, the temperature change as a function of concentration of gold nanorods increased not linear and tended to saturation. The comparison of the absorption spectra of colloidal gold, obtained before and after laser irradiation, showed that there were no changes in optical properties.

References

Angelats-Silva, L.M., et al., Synthesis of Colloidal Gold Nanorods with Plasmon Absorbance Wavelength in the Near Infrared Region. MRS Advances, 2016.

Kelly, K.L., et al., The optical properties of metal nanoparticles: the influence of size, shape, and dielectric environment. The Journal of Physical Chemistry B, 2003. **107**(3): p. 668-677.

Mackey, M.A., et al., The most effective gold nanorod size for plasmonic photothermal therapy: theory and in vitro experiments. The Journal of Physical Chemistry B, 2014. 118(5): p. 1319-1326.

ТЕХНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД И ГРАФИТ В КАЧЕСТВЕ ДОБАВОК ДЛЯ АКТИВНОЙ МАССЫ СТАРТЕРНЫХ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ БАТАРЕЙ

© Е.А. Гречушников, В.А. Харсеев

Юго-западный государственный университет, г. Курск, Россия

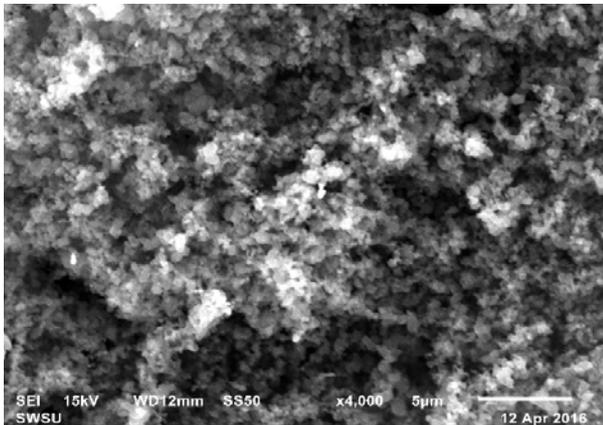
В данной работе рассматриваются разновидности углеродных материалов, которые могут быть использованы в качестве добавок при изготовлении отрицательной электродной пасты свинцово-кислотного аккумулятора. Отмечено, что в зависимости от структурных особенностей и физико-химических свойств углерода могут изменяться эксплуатационные характеристики аккумуляторной батареи.

Ключевые слова: *технический углерод, графит, свинцово-кислотная батарея.*

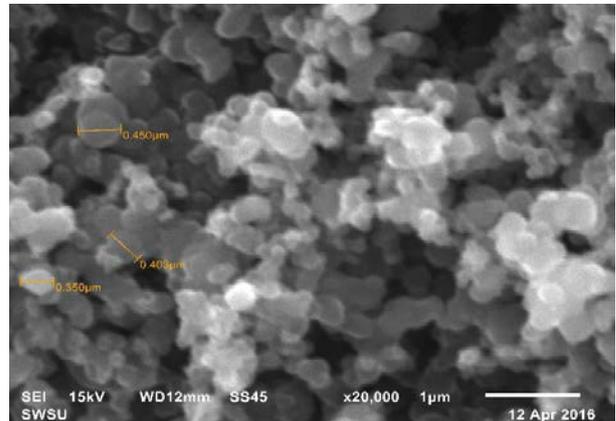
Последнее время большое количество исследований в области совершенствования свинцово-кислотного аккумулятора посвящено углеродным материалам. Установлено, что углерод является одной из основных многофункциональных добавок для отрицательного электрода [Pavlov 2011, Monahov 2011] и может быть в различных формах: технический углерод, графит, активированный углерод, углеродные нанотрубки [Atanassova 2014, Kuzmenko 2016, Li 2017]. Данная работа посвящена сравнительному анализу влияния технического

углерода и графита на основные электрические характеристики стартерных аккумуляторных батарей.

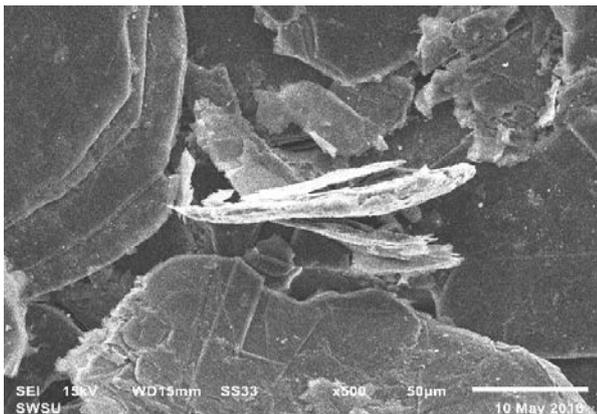
При выполнении исследований были использованы: технический углерод П803 ГОСТ 7885-86, графит ГАК-2 ГОСТ 10273-79 и импортный расширенный графит марки TIMREX BNB90 (рисунок 1).



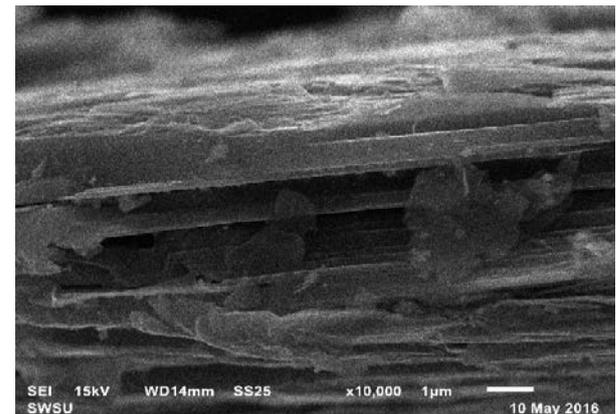
а



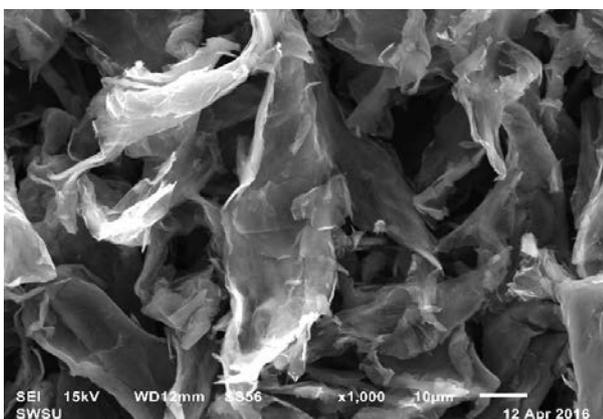
б



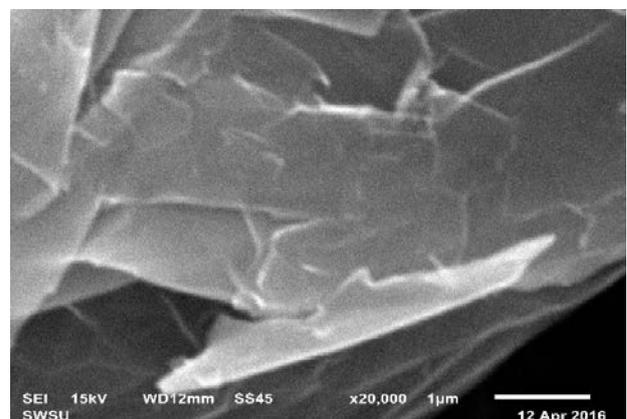
в



г



д



е

Рис. 1 – Углеродные материалы: а, б – технический углерод П803, в, г – графит ГАК-2, д, е – расширенный графит TIMREXBNB90

Выбранные материалы отличаются как происхождением, так строением и физико-химическими характеристиками. Технический углерод печной, малоактивный П803 производится при термоокислительном разложении жидкого углеводородного сырья, имеет средний показатель структурности и представляет собой пористые агломераты, состоящие из отдельных округлых частиц размером от 90 до 170 нм (рисунок 1,а, б). В отличие от него графит ГАК-2 представляет собой материал чешуйчатой структуры с линейными размерами частиц до нескольких десятков микрон (рисунок 1,в, г). Синтетический расширенный графит TIMREXBNB90 является гибридным материалом с повышенной гидрофильностью и представляет собой агрегаты, состоящие из субмикронных частиц (рисунок 1,д, е).

Сравнительные электрические испытания стартерных свинцово-кислотных батарей, содержащих добавку графита ГАК-2, расширенного графита TIMREXBNB90 или технического углерода П803 в отрицательной активной массе в количестве 0.4-0.6 % показали следующее:

- выбранные добавки углерода в целом не влияют на величину номинальной и резервной емкости батарей;

- применение графита ГАК-2 или TIMREXBNB90 способствует повышению устойчивости батареи к глубокому разряду: потеря номинальной емкости составляет 1-2 %, в то время как в присутствии технического углерода П803 – 11-13 %;

- добавка технического углерода благоприятно влияет на величину приема заряда батареи при 0°С и повышает её в среднем на 5 – 10 % по сравнению с добавкой графита;

- при отрицательных температурах при разряде током холодной прокрутки добавка графита способствует увеличению общей продолжительности разряда до конечного напряжения 6 В по сравнению с добавкой технического углерода марки П803: более чем на 12 % при -18°С и более, чем на 6 % при -30°С.

Библиографический список

Pavlov D. Lead-acid batteries: Science and technology. A handbook of lead acid battery technology and its influence on the product. First edition s.l. // Elsevier science. – 2011. – P. 656.

Monahov B., Moseley P., Cooper A. Carbon in the negative plate of VRLA batteries – a key to partial-state-of-charge cycling // 8th International conference on lead-acid batteries. – Albena, 2011. – P. 1 – 4.

Atanassova P., Pasquier A. Du, Oljaca M. [et. al.] Carbon additives for deep cycling lead-acid battery application // 9th International conference on lead-acid batteries. – Albena, 2014. – P. 5 – 8.

Kuzmenko A.P., Grechushnikov E.A., Kharseev V.A., Dobromyslov M.B., Rusanov P.A. Nanostructured lead compounds in electrode materials of a lead-acid battery // Journal of Nano- and Electronic Physics, – 2016. – Vol. 8, No. 4(1). –P. 04046-1 – 04046-3.

Li J., Henry F., HengY. How to develop best graphite products for lead-carbon battery applications // 10th International conference on lead-acid batteries. – Golden Sands.– 2017. – P. 31 – 34.

СОВРЕМЕННЫЕ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

© **А.В. Гречишников, П.И. Морозова, А.В. Будаев**

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

В данной статье рассматриваются физические основы материалов, обеспечивающих эффективное поглощение электромагнитной энергии, принцип их действия, а также области применения.

Ключевые слова: радиопоглощающие материалы, электромагнитное излучение.

Развитие СВЧ-устройств радиоэлектроники и энергетики приводит к тому, что возникающее при их работе электромагнитное излучение создает значительные помехи радиоэлектронной аппаратуре, работающей в диапазоне сверхвысоких частот. Вследствие этого, проблема уменьшения помех и электромагнитной совместимости устройств становится актуальной.

Для решения данной проблемы применяют радиопоглощающие материалы [cyberleninka.ru](РПМ) – неметаллические материалы, обеспечивающие поглощение или пропускание электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (10^5 – 10^{12} Гц) при минимальном его отражении. Распространяясь в объеме этих материалов, электромагнитное излучение (ЭМИ) создает переменное электрическое поле, энергия которого преобразуется в тепловую энергию практически полностью.

Основными характеристиками, определяющими эффективность работы РПМ, являются коэффициент отражения и коэффициент поглощения. Также в радиопоглощающих материалах и конструкциях наряду с диэлектрическими и магнитными потерями имеют место дисперсия, дифракция, интерференция и полное внутреннее отражение радиоволн, вызывающие дополнительное ослабление электромагнитной энергии вследствие рэлеевского рассеяния, сложения волн в противофазе.

По принципу действия выделяют несколько больших групп радиопоглощающих материалов (таблица 1).

Таблица 1 –Классификация радиопоглощающих материалов

Виды РПМ	Принцип действия
Резонансные	Обеспечивают частичную нейтрализацию отраженного от поверхности поглотителя излучения, часть которого прошла по толщине материала. Падающая энергия высокочастотного излучения отражается от внешней и внутренней поверхностей

	РПМ с образованием интерференционной картины нейтрализации исходной волны. В конечном итоге происходит подавление падающего излучения. Резонансные поглощающие материалы имеют узкий рабочий диапазон.
Нерезонансные магнитные	Содержат частицы феррита, распределенные в эпоксидном пластике или в покрытии. Рассеивают энергию высокочастотного излучения по большой поверхности. Рабочий диапазон от 20МГц до 1ГГц.
Нерезонансные объёмные	Принцип основан на использовании как диэлектрических, так и магнитных потерь. Материалы имеют высокий уровень поглощения электромагнитной энергии в широком диапазоне частот.
Пирамидальные поглотители электромагнитных волн	Вследствие закругленных ребер пирамидальной части корпуса поглотителя обеспечивается уменьшение коэффициента отражения в рабочем диапазоне электромагнитных волн. Рабочий диапазон от 30МГц до 160ГГц.

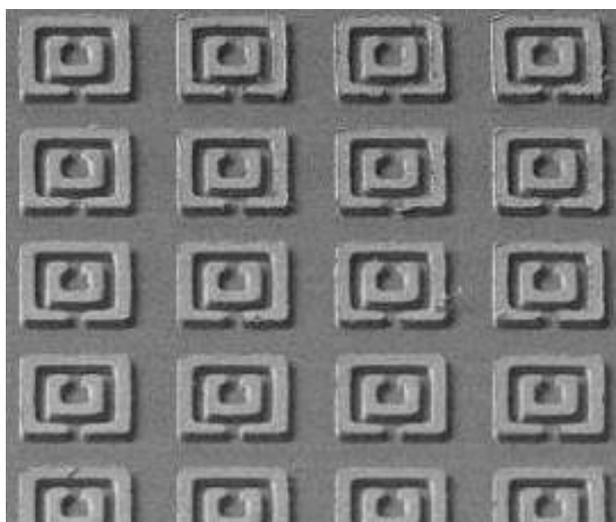


Рис. 1. Пример метаматериала

Одними из перспективных материалов, которые используются в изготовлении радиопоглощающих материалов и покрытий являются метаматериалы— это композиты, обладающие уникальными электрофизическими, радиофизическими и оптическими свойствами, отсутствующими в природных материалах.

Радиопоглощающий материал на основе метаматериала [elibrary.ru] (рисунок 1) представляет собой периодическую решетку металлических

щелевых разомкнутых резонаторов (SRR - Split Ring Resonator), выполненных на диэлектрической подложке. Из основных свойств РПМ на основе метаматериала можно выделить поглощение электромагнитных волн на частотах плазмонного резонанса.

Потенциальная сфера использования радиопоглощающих материалов очень обширна. Радиопоглощающие материалы используются в основном в военной промышленности. Именно они применяются в технологии «Стелс». Эта технология основана на снижении заметности боевых машин в радиолокационном, инфракрасном и других областях спектра обнаружения.

Так же у РПМ есть и мирное применение. Например, эти материалы используют в медицинских учреждениях, в которых установлены различные диагностические приборы, чувствительные к ЭМИ. РПМ применяют в ускорителях элементарных частиц и разной электронике. Они служат некой перегородкой, которая не дает проходить электромагнитному излучению.

Защита, основанная на принципе радиопоглощения, применяется при создании аналогов свободного пространства при антенных нагрузках; при невозможности применения каких-либо других защитных материалов вследствие возможного нарушения технологического процесса; при обкладывании мест стыков внутренней поверхности шкафов с генераторной и усилительной аппаратурой, генерирующей ЭМИ; при закладывании щелей между теми деталями волноводных структур, которые не могут быть соединены сваркой или пайкой.

В результате проведенного обзора было установлено, что радиопоглощающие материалы являются востребованными материалами, которые нашли свое применение как в военной, так и в гражданской промышленности.

Библиографический список

Латыпова А.Ф., Калинин Ю.Е. Анализ перспективных радиопоглощающих материалов [Электронный ресурс]. – URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-perspektivnyh-radiopogloschayuschih-materialov> (дата обращения: 14.09.17).

Лагарьков А.Н., Кисель В.Н., Семенов В.Н. Радиопоглощающие материалы на основе метаматериала [Электронный ресурс]. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17906543>(дата обращения: 14.09.17).

МАТЕРИАЛЫ СВЧ ЭЛЕКТРОНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

© И.С. Кашкин, Д.Н. Уколов, А.В. Будаев

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

В данной статье рассматриваются наиболее распространенные материалы, используемые в современной СВЧ электронике. Описаны материалы и их электрофизические свойства, а также области применения данных материалов в электронике.

Ключевые слова: *СВЧ электроника, полупроводники, зонная структура.*

В настоящее время, одной из наиболее активно развивающихся отраслей электроники является СВЧ электроника. Расширяемые возможности СВЧ техники сказываются на развитии смежных отраслей материального производства: прежде всего, это телекоммуникации, производство контрольно-измерительных и аналитических приборов, машиностроение, медицинская техника, решения для химической, пищевой, перерабатывающей, и горнодобывающей промышленности и т.д. [Мальцев, Шахнович 2015]

Самыми распространенными на рынке и хорошо зарекомендовавшими себя в СВЧ электронике материалами являются: кремний (Si), арсенид галлия (GaAs) и нитрид галлия (GaN). Из них наиболее часто применяется Si; этот

элемент относится к неметаллам, в электронике чаще всего используется его монокристаллическая форма.

Монокристаллический Si является непрямозонным полупроводником, зонная структура которого представлена на рисунке 1. У данной разновидности Si при нормальных условиях ширина запрещенной зоны составляет 1,12 эВ, а концентрация собственных носителей заряда имеет значения около $1,5 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$.

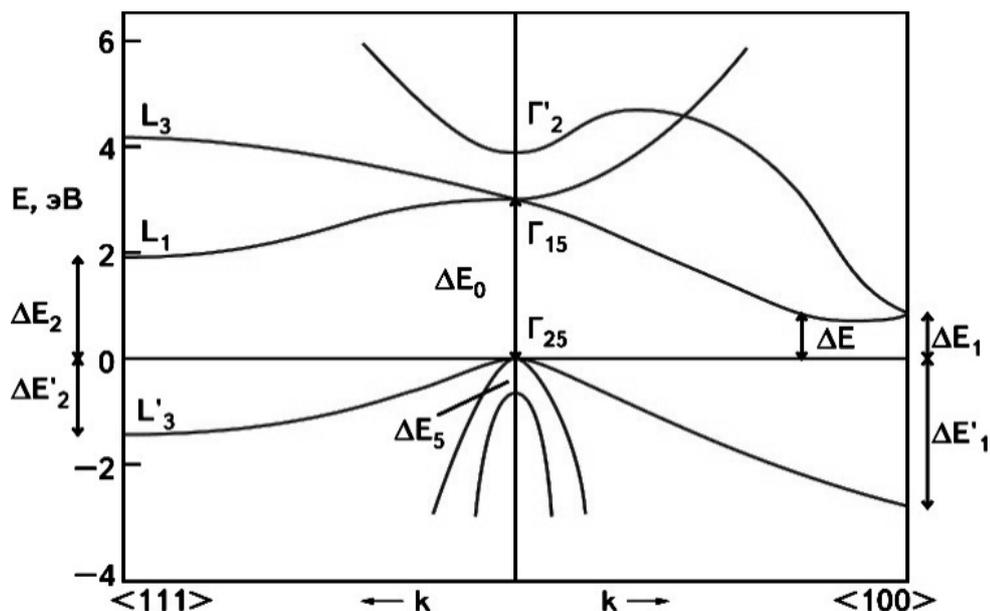


Рис.1. Схематическое изображение зонной структуры Si.

Ширины запрещенных зон равны:

$$\Delta E = 1,12 \text{ эВ}, \Delta E_0 = 3,4 \text{ эВ}, \Delta E_5 = 0,035 \text{ эВ},$$

$$\Delta E_1 = 1,2 \text{ эВ}, \Delta E'_1 = 3,1 \text{ эВ},$$

$$\Delta E_2 = 1,9 \text{ эВ}, \Delta E'_2 = 2,2 \text{ эВ}.$$

Электрофизические свойства монокристаллического Si сильно зависят от примесей, поэтому приборы, основанные на данном материале, становятся неэффективным в области частот выше 3 ГГц. Вторым по частоте использования материалом, применяемым в СВЧ электронике, является GaAs. Данный элемент представляет собой один из основных полупроводниковых материалов, относящихся к классу соединений $A^{III}B^V$. GaAs является более хрупким и менее теплопроводным материалом, чем Si, поэтому подложки из этого материала гораздо сложнее в изготовлении и в пять

раз дороже, чем подложки из Si, что ограничивает его применение областями, где качественные характеристики преобладают над стоимостными.

GaAs – прямозонный полупроводник, зонная структура которого представлена на рисунке 2. Имея широкую запрещенную зону 1,42 эВ при 300 К, GaAs практически является диэлектриком, на подложке которого происходит процесс наращивания устройства.

Основной технологической характеристикой GaAs является плотность дислокаций N_d . Распределение и плотность дислокаций влияет на рабочие параметры изготавливаемых на его основе приборов. Наличие дислокаций в активных областях светоизлучательных структур, приводит к быстрой деградации характеристик прибора. В связи с этим низкая плотность дислокаций является основным требованием к материалу [Рябцев 1972]. Получение малодислокационных и бездислокационных кристаллов GaAs является сложной технологической задачей, к настоящему времени практически нерешенной.

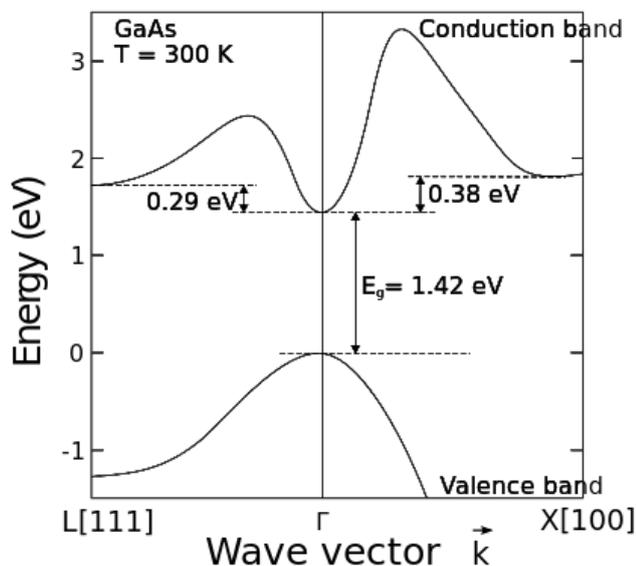


Рис. 2. Зонная структура GaAs

Полупроводниковые приборы на основе GaAs генерируют меньше шума, чем Si приборы на той же частоте. Имея более высокую напряженность электрического пробоя, приборы из GaAs могут работать при больших мощностях, в сравнении с приборами из Si.

Наиболее перспективным материалом, применяемым в СВЧ электронике, является GaN. Данный элемент относится к классу соединений $A^{III}B^V$, имеет высокую теплопроводность и теплоёмкость, а также устойчив к ионизирующему излучению.

GaN относится к прямозонным полупроводникам с шириной запрещённой зоны 3,39 эВ при 300 К и имеет схожую с GaAs зонную структуру. Плёнки GaN имеют высокую поверхностную концентрацию дислокаций от 100 млн. до 10 млрд. на $см^2$ [Сергеев и соавт. 2014].

Транзисторы из GaN могут сохранять работоспособность при более высоких температурах и напряжениях, чем транзисторы из GaAs. Также по сравнению с GaAs-усилителем мощный СВЧ-усилитель, выполненный по GaN-технологии, обладает большей выходной мощностью при меньших геометрических размерах [Сергеев и соавт. 2014].

Основные характеристики рассмотренных материалов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики СВЧ материалов

Характеристика	Si	GaAs	GaN
Ширина запрещенной зоны, эВ	1,12	1,42	3,4
Подвижность электронов, $см^2/V*с$	1200—1450	9 200–11 000	2000
Максимальная частота работы устройства, ГГц	3	250	400
Предельная температура работы, °С	180-200	260-300	500

Рассмотренные материалы имеют широкое применение в СВЧ устройствах различного назначения. Si в основном применяется в недорогих СВЧ-устройствах (Wi-Fi, Bluetooth и др.) на частотах до 3 ГГц ввиду сравнительно малой подвижности электронов, а также предельной температуры работы устройств, сконструированных на его основе, что ограничивает его использова-

ние в верхних участках диапазона СВЧ. GaAs из-за высокой подвижности электронов, предельной рабочей температуры и максимальной частоты работы устройств, сконструированных на его основе, широко применяется в более дорогой специализированной электронике СВЧ диапазона. Перспективным направлением использования GaN является аэрокосмическая электроника, в частности, твердотельные приёмопередающие модули активной фазированной антенной решётки.

Библиографический список

П. Мальцев, И. Шахнович, СВЧ-технологии – основа электроники будущего тенденции и рынки // ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2015 г. №8 72 с.

Н. Г. Рябцев, Материалы квантовой электроники. М. «Советское радио», 1972, 273-277 с.

С. А. Сергеев, А. И. Михайлов, Б. В. Сергеева, Перспективы применения нитридов галлия, индия и алюминия для функциональных устройств на волнах пространственного заряда // УЗФФ 2, 2014.

МАТЕРИАЛЫ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АНТЕН

© П.И. Морозова, И.С. Кашкин, А.В. Будаев

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

В статье рассматриваются результаты изучения свойств диэлектрических материалов, необходимых для изоляции токоведущих проводников и частей антенн.

Ключевые слова: *диэлектрические материалы, антенны.*

Диэлектрические антенны представляют собой сплошные стержни или трубки из диэлектрика длиной в несколько длин волн (ДВ) и с поперечными размерами, сравнимыми с ДВ. Они основаны на использовании особенностей распространения радиоволн в диэлектрических средах и применяются как в качестве самостоятельных антенн, так и облучателей, заменяя рупорные антенны.

Известно [Д.А. Усанов и др., 2011], что при переходе электромагнитных волн из среды с одной диэлектрической проницаемостью в среду с другой проницаемостью на поверхности раздела сред появляются заряды и токи (так называемые поляризационные токи). Они возникают и на поверхности стержней при распространении вдоль них электромагнитных волн, причем фаза и амплитуда зарядов в каждой точке поверхности стержня зависят от скорости распространения волны.

Материал с высокой диэлектрической проницаемостью (ДП), окруженный материалом с низкой ДП, не будет влиять на частоту колебаний, а материал с высокой ДП уменьшит скорость распространения волны.

Использование диэлектриков в антенных решетках приводит к появлению дополнительных параметров в задаче. Наличие диэлектрических элементов оказывает существенное влияние на распределение полей.

Когда антенна встроена в материал с высокой диэлектрической проницаемостью, размеры антенны могут быть уменьшены в соответствии с уменьшением длины волны электромагнитных волн в непосредственной близости от антенны.

Если размеры стержня и его материал подобрать так, чтобы скорость распространения радиоволн вдоль диэлектрической антенны была близка к скорости света, то максимальное излучение антенны будет направлено вдоль оси стержня в сторону движения волны.

Когда диаметр стержня велик по сравнению с волной, то скорость распространения радиоволн вдоль стержня близка к скорости распространения радиоволн в диэлектрике. Длину диэлектрических стержневых антенн выбирают в пределах от 2 до 6 волн в зависимости от требуемого коэффициента усиления.

Основополагающие параметры диэлектрических материалов: диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь [О. В. Максимова, Д. А. Евсевичев, 2011].

Диэлектрическая проницаемость – безразмерная величина, показывающая, во сколько раз напряженность E между электрическими зарядами в данной среде меньше их напряженности E_0 в вакууме.

Тангенсом угла диэлектрических потерь называют отношение активной составляющей тока, протекающего через изоляцию при приложении к ней переменного напряжения, к его емкостной составляющей.

Потери в диэлектрике пропорциональны углу диэлектрических потерь. Чем больше тангенс, тем при прочих равных условиях больше потери (качество диэлектрика хуже).

Полагаясь на вышеперечисленные параметры, были рассмотрены современные материалы диэлектрических антенн и выделены их основные свойства. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные свойства диэлектрических материалов [М.Я. Воронин, И.Н. Карманов, 2008]

Наименование материала	Общая характеристика	Рабочие частоты	Величина диэлектрической проницаемости материала
1	2	3	4
ФЛАН ТУ 16-503.148-80	-фольгированный материал на основе простых эфиров; -облицован с обеих сторон медной гальваностойкой электролитической фольгой (с толщиной 35 мкм); -полиэфиры, входящие в основу, сохраняют свойства электроизоляции при скачках температур	10 ГГц	От 2,8 до 16,0

Брикор 16-503.148-80	- материал на основе простых полиэфиров; - облицован со всех сторон медной гальваностойкой фольгой (35 мкм); - стеклянные микросферы, которые содержатся в полиэфирной основе, способствуют повышению термостойкости материала	10 ГГц	От 2,0 до 2,2
ФАФ-4Д (ГОСТ 21000-81)	- листовый материал на основе слоев фторопластовой лакоткани; - он облицован медной электролитической гальваностойкой фольгой; - данный материал трудногорючий; - фторопласт с хорошими электроизоляционными свойствами армирован стеклотканью, это повышает стабильность размеров материала.	от 10 МГц до 10 ГГц	от 2,5 до 2,7
PTFE	- композитный материал с нетканым керамическим наполнителем; - у материала малый коэффициент теплового расширения в плоскости; - подходит для использования в моделях с эпоксидным стеклотекстолитом; - он повышает надежность узлов поверхности монтажа и оптимален для схем, чувствительных к изменению температуры	до 30-40 ГГц	От 2,0 до 2,2

Исходя из данных таблицы 1, можно сказать, что современные диэлектрические материалы изготавливаются с отвечающими требованиям производства антенн параметрами.

Таким образом, стало понятно, что характеристиками диэлектрических антенн можно управлять, создавать такие сочетания параметров диэлектриков, при которых качество будет пригодным для функционирования. Вместе с этим

будет улучшаться техника и расширяться области применения диэлектрических материалов.

Библиографический список

Д.А. Усанов, А.В. Скрипаль, А.В. Романов Журнал технической физики, том 81, выпуск 1.: Комплексная диэлектрическая проницаемость композитов на основе диэлектрических матриц и входящих в их состав углеродных нанотрубок – Саратов.: СГУ им. Н.Г. Чернышевского, 2011г.- 106-110 с.

О. В. Максимова, Д. А. Евсевичев Проектирование СВЧ-устройств М.: 2011 г.-14 с.

М.Я. Воронин, И.Н. Карманов Монография. Физика нагрева СВЧ-диэлектриков-М.: 2008 г.-156 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДЯЩИХ СИЛИКОНОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ОДНОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ТЕПЛОПРОВОДЯЩИМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ

© А.А. Звигинцева, К.Е.Валуева

Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия

В статье предложен способ повышения теплопроводности полимерного композиционного материала, который состоит из полидиметилсилоксанового каучука (силикона) и теплопроводящего наполнителя. Также представлены результаты значений теплопроводности, полученных образцов.

Ключевые слова: *одностенные углеродные нанотрубки, композиционные материалы, теплопроводность, силикон, наполнитель, нитрид бора.*

Одним из наиболее перспективных достижений в области материаловедения за последнее десятилетие является создание нового класса композиционных полимерных материалов. Особый интерес к таким материалам вызван высоким уровнем их конструкционных свойств. Одним из таких свойств является высокая теплопроводность, которая достигается путем введения наполнителя в менее теплопроводящий полимер. В качестве наполнителя могут быть использованы различные материалы: металлы и их сплавы, графит, углеродные нанотрубки, алмаз, керамика, карбид кремния, нитрид бора и т.д. В ходе проведения литературного обзора были выбраны наполнители, которые отвечают всем условиям эксплуатации, а именно имеют высокий коэффициент теплопроводности, не токсичны и не взрывоопасны, не оказывают вредных воздействий на организм человека и окружающую среду [Елагин А.А. и др., 2013, Тенкачев Ш.З. и др., 2015, Берлин А.А. 1995, Звигинцева А.А. и др., 2015].

Цель работы - исследование и сравнение параметров (удельная теплоемкость, плотность, теплопроводность, напряжение сжатия при заданной деформации) теплопроводящего материала на основе одностенных углеродных нанотрубок с дополнительными теплопроводящими наполнителями.

Одностенные углеродные нанотрубки TUBALL™ MATRIX 601 - это линейка суперконцентратов на основе одностенных углеродных нанотрубок, используемая в качестве универсального аддитива, улучшающего механические параметры, электро- и/или теплопроводность большинства материалов, таких как композитные полимеры, резины, металлы и др.

В качестве дополнительных наполнителей был использован гексагональный нитрид бора.

Перед введением минеральных наполнителей был изготовлен компаунд TUBALL™ MATRIX 601 с полимерной матрицей. Концентрат TUBALL™ MATRIX 601 был разбавлен силиконом (СКТН «А»). Перемешивание производилось на верхнеприводной мешалке в течение 4 ч при скорости 1500 об/мин до однородной консистенции.

Введение наполнителя производили дозированно в вакуумном смесителе продолжительное время для равномерного распределения микрочастиц в полимере. Отверждение образцов проводили при комнатных температурах с помощью катализатора №68.

Состав образцов полученных теплопроводящих полимерных материалов следующий:

- 1) СКТН + BN;
- 2) TUBALL™ MATRIX 601 + СКТН;
- 3) TUBALL™ MATRIX 601 + СКТН + BN(легкого наполнения);
- 4) TUBALL™ MATRIX 601 + СКТН + BN (тяжелого наполнения).

Плотность образцов была измерена по ГОСТ 15139-69. Удельная теплоемкость измерена на дифференциальном сканирующем калориметре DSC 823e фирмы «MettlerToledo». Теплопроводность измерена на приборе LFA447 NanoFlash. Измерения напряжения сжатия при заданной деформации проводились по ГОСТ 4651. Графики теплопроводности силикона и образцов представлены на рисунках 1-2. Характеристики плотности, теплоемкости и теплопроводности силикона и образцов представлены в таблице 1.

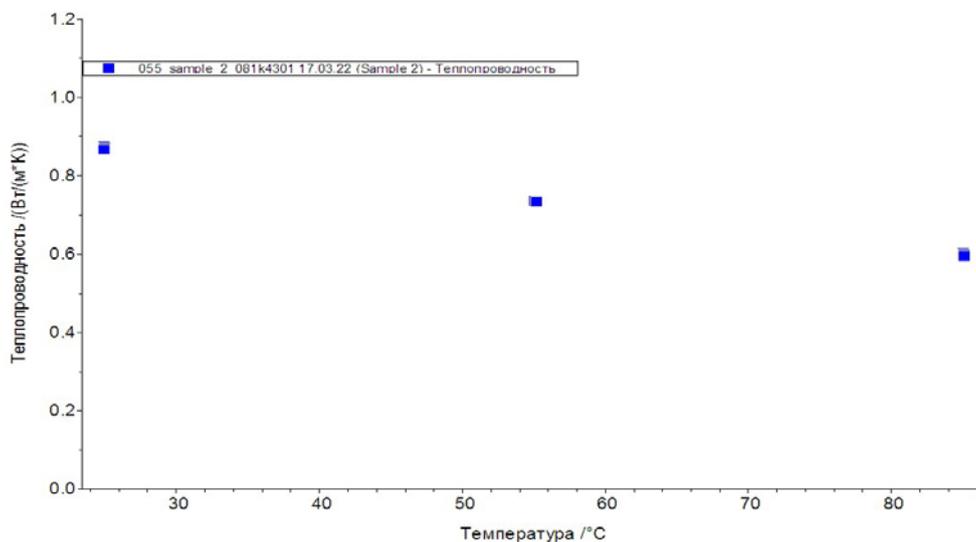


Рис. 1. График теплопроводности образца №3(TUBALL™ MATRIX 601 + СКТН + BN (легкое наполнение))

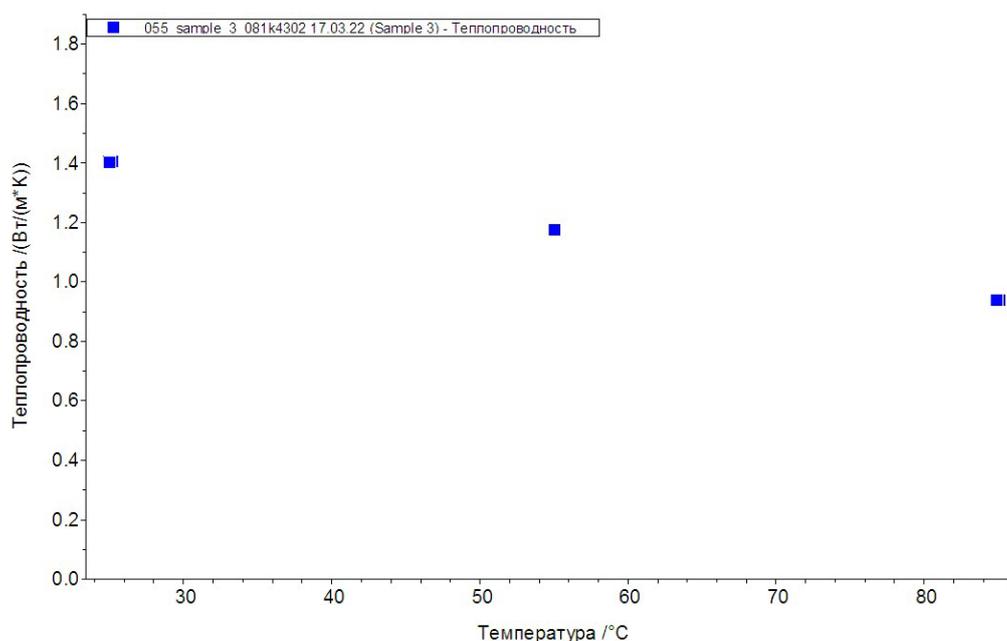


Рис. 2. График теплопроводности образца №4(TUBALL™ MATRIX 601 + СКТН + ВН (тяжелого наполнения))

В результате проведенных исследований на основании уже накопленного опыта в области теплопроводности было предложено четыре перспективные рецептуры теплопроводящих материалов; была продумана технология получения образцов данных составов; были получены образцы разработанных составов.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики СКТН «А» и полученных образцов

Параметры	Значения				
	СКТН	СКТН + ВН	TUBALL + СКТН	TUBALL+ СКТН + ВН (легкого наполнения)	TUBALL + СКТН + ВН (тяжелого наполнения)
Плотность ρ , г/см ³	1,00	1,13	1,04	1,73	2,08
Удельная теплоемкость C_p , Дж/(г·°C)	1,50	1,40	1,75	1,12	0,92

Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К)	0,16	0,47	0,38	0,85	1,40
Напряжение сжатия при деформации 10%, МПа	-	0,37	0,40	0,52	0,70

Для предложенных рецептов теплопроводящих композиционных материалов были определены плотность, удельная теплоемкость, теплопроводность, напряжение сжатия при деформации 10%.

Наибольший коэффициент теплопроводности показали образцы: №3(TUBALL™ MATRIX 601 + СКТН + ВN (легкого наполнения), 0,85 Вт/(м·К)) и №4(TUBALL™ MATRIX 601 + СКТН + ВN (тяжелого наполнения), 1,40 Вт/(м·К)).

Введение в матрицу одностенных углеродных нанотрубок не имело существенного влияния на коэффициент теплопроводности материала, однако измеренные параметры указывают на то, что модификация композита нанотрубками ведет к улучшению механических свойств материала.

Библиографический список

Елагин А.А., Шишкин Р.А., Баранов М.В., Бекетов А.А., Стоянов О.В. Теплопроводные материалы и термопасты на их основе. – Все материалы. Энциклопедический справочник. 2013, №7 – С.34-41.

Тенкачев Ш.З., Рябчук А.В., Иванов А.В., Кравченко И.Н. Полимерные композиционные материалы. Основные понятия. – Все материалы. Энциклопедический справочник. 2015, №2 – С. 40-43.

Берлин А.А. Современные полимерные композиционные материалы. – Соросовский Образовательный Журнал. 1995, № 1 – С. 76-77.

Звигинцева А.А., Бельских Г.Н., Худицын М.С., Кузько А.В., Кузько А.Е. Создание новых композиционных материалов на основе силикона, Поколение

будущего: Взгляд молодых ученых: Сборник научных статей 4-й Международной молодежной научной конференции 19-20 ноября 2015 года.

**ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОГО
ПОВЕРХНОСТНОГО ЗАРЯДА АЛЮМОКРЕМНИЕВЫХ КОМПОЗИТОВ,
ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ НЕФЕЛИНА, ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ СЕРНОЙ
КИСЛОТЫ, ВЗЯТОЙ ДЛЯ ИХ ВЫДЕЛЕНИЯ**

© Ю.О. Веляев, Е.М. Кушнарера

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

В статье изучаются некоторые кислотно-основные и поверхностные характеристики алюмосиликатных образцов, полученных из нефелинового концентрата разложением серной кислотой, взятой в разной концентрации. Показана зависимость точки нулевого заряда полученных образцов от концентрации H_2SO_4 . Представлено объяснение связи распределение удельного поверхностного заряда полученных образцов с их удельной поверхностью и способностью к сорбции.

Ключевые слова: *нефелин, сернокислотная переработка, алюмокремниевые композиты, точка нулевого заряда.*

В промышленности оксиды алюминия и кремния находят широкое применение как в катализе, так и в качестве сорбентов. В катализе, как правило, они используются как подложка для катализаторов, что оказывается возможным благодаря наличию у их аморфных форм большой удельной поверхности и хорошей термической стойкости по отношению к слипанию частиц и спеканию при повышенных температурах. В последнее время всё чаще находят применение комбинированные каталитически активные композиты на основе разных

оксидных сочетаний, которые получают из дорогостоящего реактивного сырья. Целесообразным является разработка способа получения высокочистых алюмокремниевых композитов с развитой удельной поверхностью на основе отечественного минерального сырья, в качестве которого может служить нефелин.

Нефелин — это породообразующий минерал, алюмосиликат калия и натрия $\text{Na}_3\text{KAl}_4\text{Si}_4\text{O}_{16}$. В работе нами использовался нефелиновый концентрат с химическим составом, %: Na_2O – 14,25; Al_2O_3 – 28,48; SiO_2 – 43,3; K_2O – 7,24; Fe_2O_3 – 3,74; примеси – 2,99. Кислотная обработка нефелина приводит к полному разрушению его структуры и сопровождается переходом в раствор кислото-растворимых компонентов (Al, Na, K) и кремнезёмных комплексов [Захаров 1995]. Компенсация положительно заряженным ионом водорода отрицательно заряженного иона $[\text{SiO}_4]_4$ приводит к тому, что конечными продуктами реакции, перешедшими в жидкую фазу, являются соли алюминия, щелочных элементов и мономеры или димеры кремниевой кислоты.

Нами был получен ряд образцов с отношением оксида кремния к гидроксиду алюминия 1:1. Образцы получали следующим образом, к навеске нефелинового концентрата добавляли H_2SO_4 и воду, необходимую для разбавления кислоты до заданной концентрации, после чего полученную пульпу перемешивали в течение 10 минут. Далее смесь отфильтровывали, а полученный фильтрат доводили до $\text{pH}=8,5$ 1н раствором аммиака. Выпавший осадок отделяли фильтрацией, отмывали от сульфат-ионов дистиллированной водой и высушивали при температуре 105°C до постоянной массы. Концентрация серной кислоты, взятой для разложения нефелинового концентрата варьировалась от 12 до 20%.

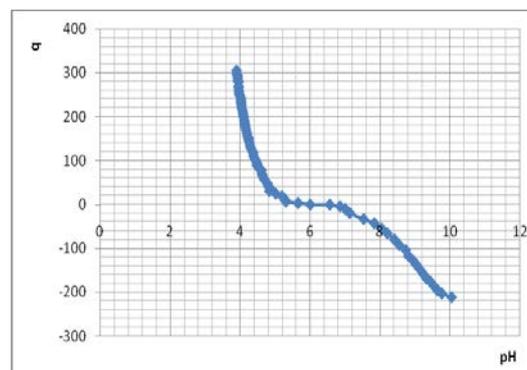
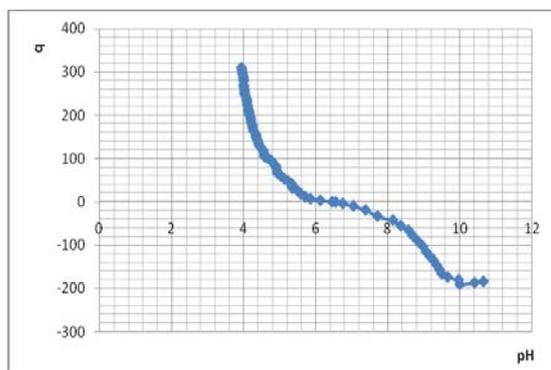
Далее по методу Паркса [Parks 1962, Веляев 2016] нами определялась точка нулевого заряда для каждого из образцов, данные по которым представлены в таблице 1, а также изучалось распределение удельного поверхностного заряда каждого из композитов, которое показано на рисунке 1. Измерение активности ионов водорода проводили на ионометре И-160МИ со стеклянным

электродом ЭС-10603 и электродом сравнения, погруженными в реакционную смесь.

Таблица 1. Зависимость точки нулевого заряда алюмосиликатных композитов, полученных на основе нефелина от концентрации серной кислоты, взятой для разложения исходного сырья.

Концентрация H ₂ SO ₄ , %	pH _{тнз} полученных алюмосиликатных композитов
12	6,529
14	6,410
16	6,125
18	5,848
20	5,439

Из рисунка 1 видно, что графики убывают в области pH от 3 до 11, то есть область положительного заряда увеличивается с увеличением концентрации протонов водорода, а точка нулевого заряда при увеличении концентрации серной кислоты, взятой для разложения, смещается в более кислую область, что говорит о росте количества поверхностных групп, способных к протонизации. Учитывая то, что протонирующимися группами в данном случае могут выступать только поверхностные –ОН группы, можно предположить, что увеличение их числа при использовании для разложения исходного сырья более концентрированной серной кислоты, приведёт к улучшению структурно-поверхностных свойств получаемых композитов, в частности их удельной поверхности и способности к хемосорбции, что, в свою очередь, будет способствовать их применению в катализе и сорбции.



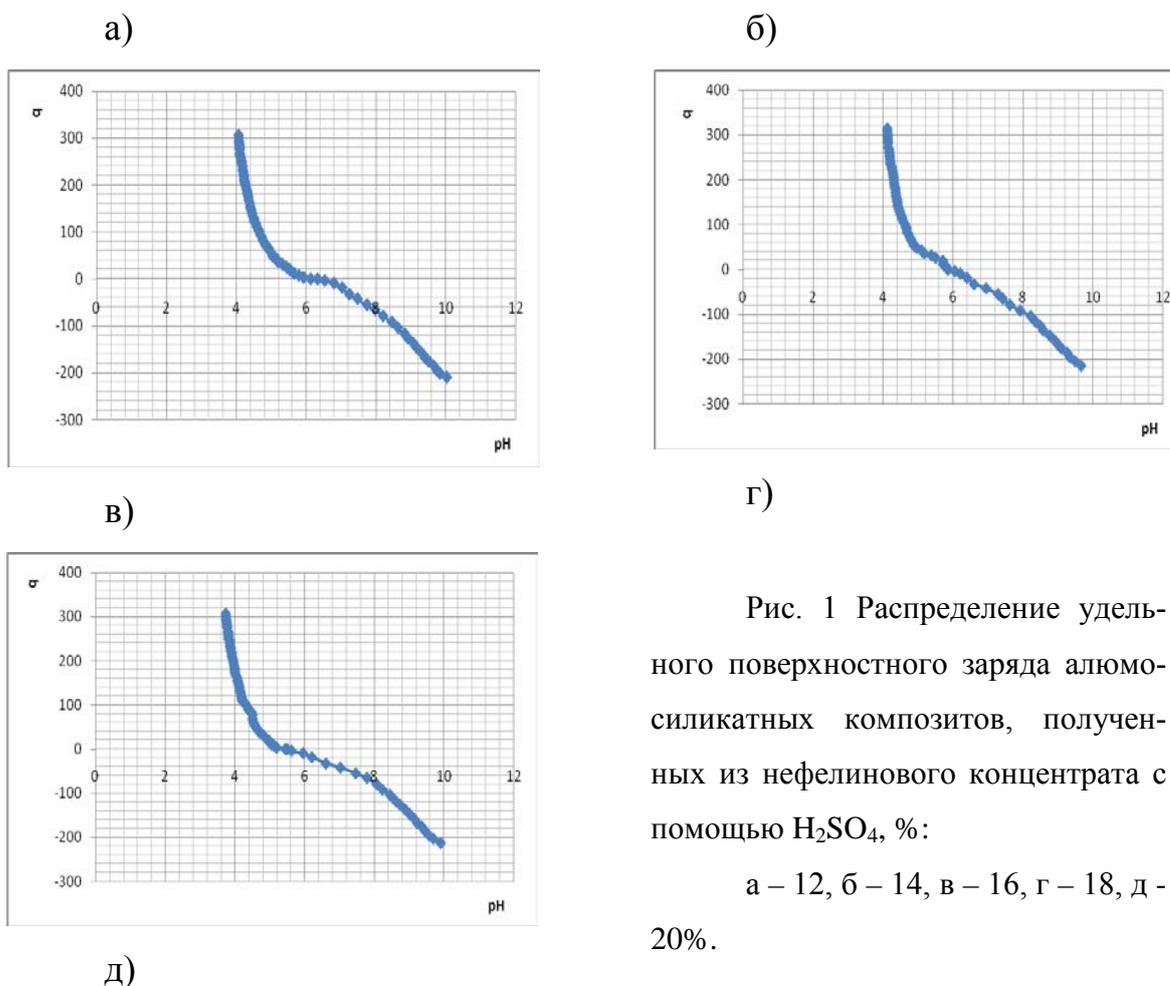


Рис. 1 Распределение удельного поверхностного заряда алюмосиликатных композитов, полученных из нефелинового концентрата с помощью H_2SO_4 , %:

а – 12, б – 14, в – 16, г – 18, д – 20%.

Библиографический список

Захаров В.И., Калинин В.Т., Матвеев В.А. Майоров Д.В. Химико-технологические основы и разработка новых направлений комплексной переработки и использования щелочных алюмосиликатов. Ч.1. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1995. 181 с.

Parks G.A. The zero point of charge of oxides [Text] / G. A. Parks G.A., P. L. Bruyn J. Phys.Chem. - 1962. - Vol. 66. - P. 967 – 973

Веляев Ю.О., Иванова А.А. Исследование особенностей строения и некоторых кислотно-основных свойств поверхности алюмосиликатных агломератов, полученных на основе гидролиза продуктов сернокислотного разложения нефелина. – Конденсированные среды и межфазные границы. – 2016. – Т. 18, № 1. – С. 38-45.

ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ЦИФРОВОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО АНАЛИЗАТОРА КАЧЕСТВА ТОПЛИВА

© Р.Н. Беленьков¹, И.А. Ключиков²

¹Курский государственный университет, г. Курск, Россия

²НИИЦ (г.Курск) ФГУП 18 ЦНИИ МО РФ, г. Курск, Россия

В статье рассматриваются основные принципы DDS генерации сигналов, а также реализация генератора на основе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) и цифроаналогового преобразователя по схеме R-2R.

Ключевые слова: *DDS генератор, ПЛИС, цифровая генерация сигналов, анализатор качества топлива.*

Ультразвуковые методы являются наиболее популярными среди методов анализа параметров технических жидкостей. Для обеспечения высоких показателей анализаторов требуется иметь стабильные генераторы сигналов с возможностью перестройки по частоте, амплитуде и форме сигнала. В качестве анализатора будет рассматриваться цифровой ультразвуковой анализатор качества топлива, для реализации методик измерения которого требуется получить синусоидальный сигнал с частотой 5 МГц.

Требования к разрабатываемому устройству предполагают высокую точность и стабильность используемого сигнала, с минимальными искажениями при генерации, шумом и помехами. Выбор был сделан в пользу цифрового генератора, обладающего, в сравнении с аналоговым генератором, следующими преимуществами:

- Универсальность, поскольку можно задавать сигнал абсолютно произвольной формы и частоты;
- Отсутствие ограничения по минимальной частоте;
- Высокая стабильность параметров выходного сигнала;

- Точность и удобство настройки;
- Простота реализации.

В качестве цифрового генератора решено было использовать DDS-генератор на основе ПЛИС, а в качестве ЦАП использовать резистивную матрицу R-2R. Схема прямого цифрового синтеза (DDS) — электронный прибор, предназначенный для синтеза сигналов произвольной формы и частоты из единственной опорной частоты, поставляемой генератором тактовых импульсов. Для пояснения его работы обратимся к рисунку 1.

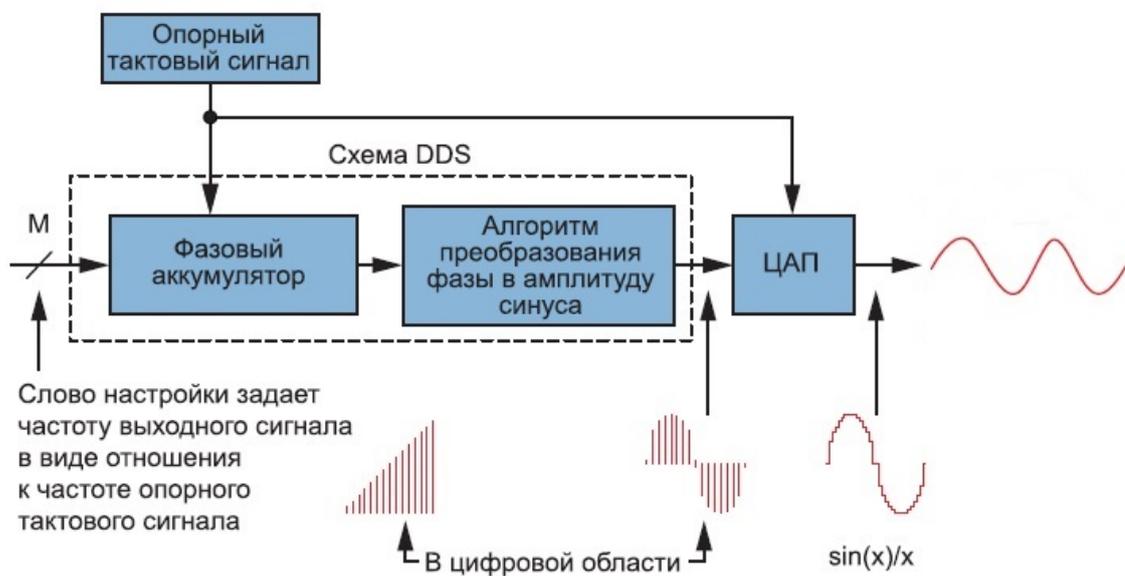


Рис. 1. К пояснению принципа работы DDS-генератора

Фазовый аккумулятор представляет собой обыкновенный двоичный счетчик (реализован внутри кристалла ПЛИС), который по положительному фронту опорного тактового сигнала увеличивает свое значение на некоторую константу. Значение константы подбирается исходя из того, какой частоты выходной сигнал мы хотим синтезировать. Затем эти отсчеты поступают на систему алгоритма преобразования фазы в амплитуду сигнала. Эта система также реализована на кристалле ПЛИС. Она представляет элемент памяти, в котором записаны оцифрованные отсчеты одного периода синусоидального сигнала. Каждый отсчет представляет собой 8-битное слово, которое выводится, в соответствии со значением в фазовом аккумуляторе, на ЦАП. Таким образом, пробегая с раз-

личной частотой по сохраненным в памяти отсчетам, можно синтезировать на выходе синусоидальный сигнал в довольно широком диапазоне частот.

Цифроаналоговый преобразователь представляет собой резистивную матрицу R-2R. Эта схема в свое время находила довольно широкое применение в электронике (очень хорошим примером является Covox) [Дьяконов 2009]. К её недостаткам можно отнести необходимость применения точных резисторов (~1%), если этим пренебрегать, то искажения генерируемого сигнала могут быть чрезвычайно большими.

На рисунке 2 показана схема ЦАП с фильтром верхних частот (для удаления постоянной составляющей в сигнале).

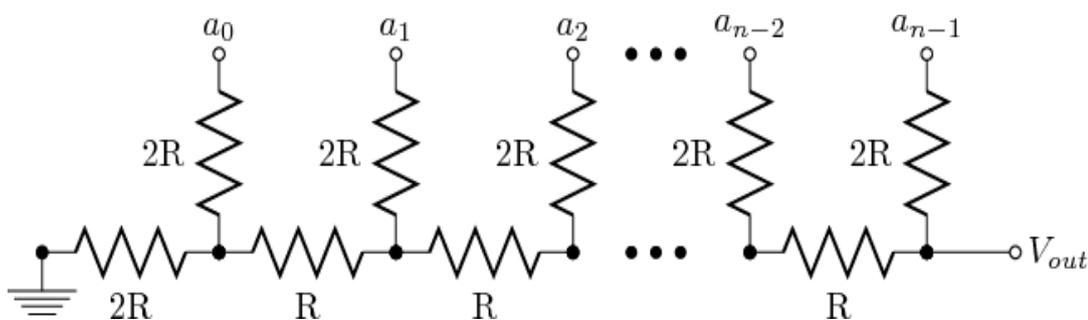


Рис.унок 2. n-битная матрица резисторов R-2R включенная по схеме матрицы напряжений

Реализованная схема имеет следующие параметры:

Разрядность ЦАП – 8 бит;

Разрешение по напряжению – 12 мВ/отсчет;

Опорное напряжение – 3.3 В;

Число отсчетов сигнала на период – 50;

Тактовая частота – 250 МГц;

Отношение сигнал/шум – 490;

Для повышения стабильности генератора и очистки спектра от нежелательных гармоник использовался полосовой фильтр с полосой пропускания 4 – 6 МГц [Айфичер 2004]. Синтезированный сигнал удовлетворяет всем полученным требованиям по стабильности.

Библиографический список

Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов. Практический подход. 2-е издание. — Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2004. — 992 с.

Дьяконов В. П., Генерация и генераторы сигналов — М. : ДМК Пресс, 2009. — 384 с.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС МНОГОПОТОКОВОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ДАННЫХ

© А. В. Будаев, К. П. Сулима

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

В статье представлены результаты выполнения НИР при содействии «Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» в рамках программы «УМНИК». Рассмотрены ключевые особенности технической и программной составляющей АПК, раскрывающие принципы функционирования всего устройства для одновременного вывода на дисплей нескольких мультимедийных потоков.

Ключевые слова: *АПК, мультимедиа, мультиплексирование, многопоточность, трёхмерная визуализация.*

Одним из часто встречающихся ограничений в мобильных, полустационарных, носимых системах обработки информации (например, космического, воздушного и морского базирования) являются массогабаритные и/или ресурсные ограничения. В ряде случаев это противоречит необходимости высокоско-

ростной визуализации мультимедийных данных, а также одновременной работой с ними нескольких пользователей.

Для решения этой проблемы был разработан аппаратно-программный комплекс (АПК), который позволяет одновременно выводить на экран дисплея от 2 до 8 потоков мультимедийных данных с последующим временным разделением при помощи активной системы трёхмерной визуализации (рисунок 1).



Рис. 1. Концептуальный внешний вид АПК

Реализованная программная часть АПК для одновременного вывода на дисплей двух мультимедийных потоков, выполняет следующие функции:

- 1 Декодирует видео- и аудиодорожки видеофайлов.
- 2 Производит модификацию кадров, путем добавления меток синхронизации.
- 3 Формирует новую видеодорожку из двух исходных видеофайлов.
- 4 Воспроизводит совмещённую видеодорожку на экране.
- 5 Выводит аудио дорожки в различные аудио выходы.

Алгоритм смешения видеоданных и персонализации аудиоданных был разработан с использованием набора свободных библиотек FFmpeg и Simple Direct Media Layer с открытым исходным кодом для работы с мультимедийными данными.

В ходе проведения исследований и испытаний было установлено, что в зависимости от устройства вывода мультимедийных данных наблюдается своя собственная задержка между моментом отправки видеоданных и воспроизведением их на данном устройстве. Данная проблема накладывает ограничения на

использование определенных устройств вывода мультимедийных данных, для которых экспериментально заранее не были вычислены эти задержки. Но так как данная временная задержка может изменяться в зависимости от качества и формата видео, а также от канала передачи мультимедийных данных, что носит переменный характер, то было необходимо установить постоянный или временный контроль за задержками на данном устройстве без внесения в него технических изменений. Данная проблема была решена установлением меток на мультимедийные данные, с помощью которых осуществлялась синхронизация выводимых мультимедийных данных с модулем синхронизации для дальнейшего согласованного воспроизведения видеоданных с состоянием активных поляризационных очков.

Итоговый видеофайл выводимый на экран жидкокристаллического дисплея состоит из поочередных кадров каждого входного потока мультимедийных данных, порядок формирования мультиплексированного видеопотока раскрыт на рисунке 2. Данный порядок формирования мультиплексированного видеопотока также позволяет воспроизводить стереоскопический видеопоток для каждого зрителя, принцип создания стереоскопического видеопотока не отличается от порядка работы, описанного на рисунке 2.

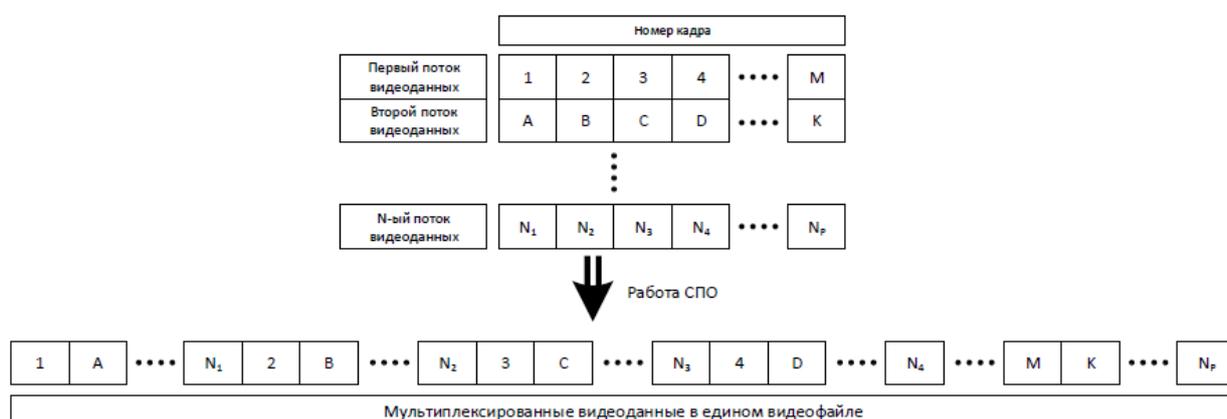


Рис. 2. Схема работы блока мультиплексирования

Единственной технической характеристикой устройства вывода мультимедийных данных, влияющей на работу АПК и способа многопоточковой визуализации мультимедийных данных, является частота кадров в секунду, воспроиз-

изводимых устройством вывода мультимедийных данных. Так, на устройствах вывода мультимедийных данных с низким показателем количества кадров в секунду можно просматривать одновременно от 2 до 3 видеопотоков без потери плавности воспроизведения видеопотока. На устройствах вывода мультимедийных данных с высоким показателем количества кадров в секунду можно просматривать одновременно 5 и более видеопотоков без потери плавности воспроизведения видеопотока.

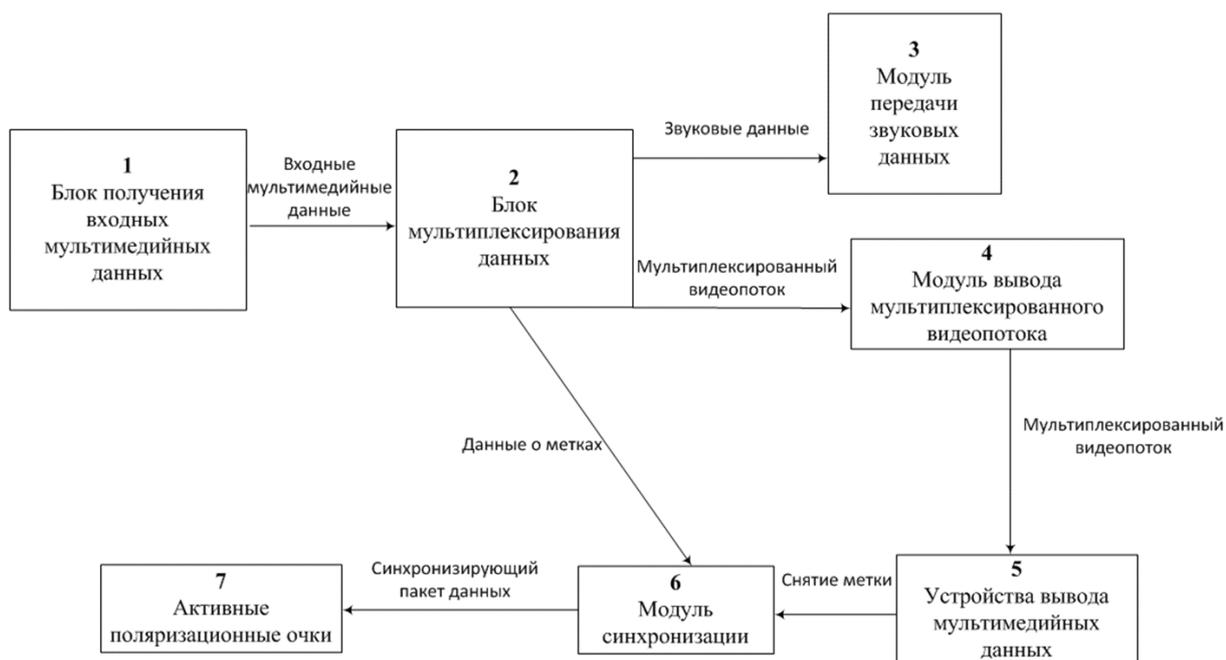


Рис. 3. Структурно-функциональная схема работы аппаратно-программного комплекса многопоточковой визуализации мультимедийных данных

АПК многопоточковой визуализации мультимедийных данных содержит модуль синхронизации 6 (рисунок 3) и устройство для программной реализации мультиплексирования мультимедийных данных, в состав которого входят блок получения входных мультимедийных данных 1 (рисунок 3), блок мультиплексирования данных 2 (рисунок 3), модуль передачи звуковых данных 3 (рисунок 3) и модуль вывода мультиплексированного видеопотока 4 (рисунок 3). Модуль синхронизации обеспечивает синхронизацию кадров входных мультимедийных данных, переданных в составе мультиплексированного видеопотока на устройство вывода мультимедийных

данных 5, и состояния затворных линз (открытое и закрытое) активных поляризованных очков зрителей 7. Устройство вывода мультимедийных данных 5 не является составной частью АПК многопоточковой визуализации мультимедийных данных, используется для визуального отображения мультиплексированного видеопотока.

На данном этапе подана заявка на полезную модель и программу для ЭВМ. Подходит к завершению выполнение научно-исследовательской работы при поддержке «Фонда содействия инновациям» в рамках программы «УМНИК», после чего планируется переходить на этап опытно-конструкторской работы и открытию собственного производства для изготовления данного АПК с целью его продажи на мировом рынке.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ

© И. Н. Ефимова

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

Статья посвящена особенностям моделирования динамических режимов электронно-лучевой сварки. Выделены условия для построения модели процессов испарения при электронно-лучевой сварке, представлены основные уравнения математической модели испарения.

Ключевые слова: *электронно-лучевая сварка; электронный луч; осцилляция электронного луча; расщепление электронного луча.*

Исходя из физических, технических, технологических и особенностей сварочных операций, классификация способов и видов сварки насчитывает свыше 150 наименований. Основой для их различения по физическим критери-

ям служит вид энергии, под действием которой образуется сварное соединение; по этому признаку процессы сваривания делят на три класса.

Первый из них- это термический, к нему относятся дуговая и газовая сварка, плазменный и электрошлаковый процессы, а также способы, использующие электронные и лазерные лучи. Второй класс- термомеханический, к нему относятся способы контактной сварки и диффузионной, а также кузнечную, дуго- и газопрессовую. Третий класс – механический, к нему относятся холодную сварку и осуществляемую с помощью взрыва и ультразвука.

Широкое применение новых конструкционных материалов на основе тугоплавких и высокоактивных металлов (титана, циркония, молибдена, вольфрама и др.) потребовало создания способа их обработки источником тепла с высокой плотностью энергии в условиях защиты от взаимодействия с газами воздуха (кислородом, азотом). Наиболее полно этим условиям отвечает электронно-лучевая технология.

Процессы испарения при электронно-лучевой сварке (ЭЛС) статическим электронным лучом достаточно полно исследованы. Однако, при этом технологическом способе сварные соединения имеют дефекты в корневой части шва (поры, пикообразование, несплавления), и получить качественное сварное соединение без применения дополнительных технологических решений крайне затруднительно.

Работы, по изучению влияния на процессы испарения динамического воздействия на электронный луч при ЭЛС до настоящего мало изучены, хотя процессы, протекающие в парогазовом канале в этом случае, значительно отличаются от процессов при электронно-лучевой сварке статическим электронным лучом. Существенным отличием в этом случае являются размеры выходного сечения парогазового канала при осцилляции электронного луча и формирование нескольких каналов при динамическом расщеплении электронного луча на несколько тепловых источников.

Электронно-лучевая сварка имеет ряд отличий по сравнению с традиционными способами сварки плавлением. При ЭЛС возможно получение

глубоких и узких сварных швов с минимальной зоной термического влияния, что позволяет сваривать большие толщины за один проход, также процесс сварки ведется в вакууме, который обеспечивает защиту зону сварки от воздействия различных газов.

ЭЛС с осцилляцией электронного пучка позволяет получить более однородные по макро- и микроструктуре сварные соединения [Трутников Д.Н. 2012]. С развитием новых способов управления электронным пучком появились возможности совершенствования технологий ЭЛС [Вихман В.Б. 2014], в частности, с использованием осцилляции динамического позиционирования электронного пучка. Динамическое позиционирование электронного пучка с формированием нескольких тепловых источников обеспечивает возможность ввода тепла в свариваемые заготовки в нескольких участках, расположенных друг от друга на некотором расстоянии [Младенов Г.М. 2014], что позволяет получать качественные сварные соединения из разнородных материалов, повышать производительность ЭЛС и снижает пористость сварных швов. При ЭЛС с динамическим позиционированием электронного пучка формируется несколько парогазовых каналов, в которых происходит интенсивное испарение металла, что может приводить к истощению некоторых легирующих элементов в расплавленном металле. Такой процесс можно наблюдать в металлических сплавах, содержащих легко испаряемые легирующие элементы.

На сегодняшний день достигнуты значительные успехи в моделировании процессов формирования сварного шва при ЭЛС [Туричин Г.А. 2010] и процессов испарения, выявлены механизмы испарения, связанные градиентом концентрации и градиентом давления [Судник В.А. 2015] и разработана теория процессов испарения при лучевых способах сварки [DitheyU. 2001].

При построении модели используются следующие предположения:

- форма каждого парогазового канала, формируемого при расщеплении электронного пучка на несколько тепловых источников, должна аппроксимироваться цилиндром;
- поверхность канала считается изотермической;

- перенос тепла и массы вещества вдоль оси канала считается несущественным;
- коэффициент диффузии в расплаве определяется температурой расплава;
- истощение легирующими элементами в расплаве происходит в тонком слое у поверхности канала;
- из-за высокого давления скорость паров металла на выходе из парогазовых каналов равна местной скорости звука. [Саломатова Е.С.,2015]

Система уравнений (1-3), описывающая процессы испарения при электронно-лучевой сварке, включает: [Yoichi Ono and Shuji Matsumoto, 1974]

- уравнение переноса импульса (уравнение Навье -Стокса)

$$(\vec{U} \cdot \nabla) \vec{U} = -\frac{\nabla P}{\rho} + \nu \nabla^2 \vec{U} \quad (1)$$

- уравнение переноса энергии

$$\rho c_p \vec{U} \cdot \nabla T = \nabla(\lambda \nabla T) \quad (2)$$

- уравнение переноса примеси

$$\vec{U} \cdot \nabla S = D(\nabla^2 S) \quad (3)$$

где \vec{U} - поле скоростей расплава; P – давление; ρ – плотность; ν - коэффициент кинематической вязкости; c_p – теплоемкость при постоянном давлении; λ – коэффициент теплопроводности; S – концентрация i -го компонента в расплаве; T -температура на стенках парогазового канала; D – коэффициент диффузии i -го элемента расплава; $\nabla^2 = \partial^2 / \partial x^2 + \partial^2 / \partial y^2$ - оператор Лапласа; индекс i – здесь и далее опущен.

При электронно-лучевой сварке статическим лучом установлено, что истощение легко испаряемыми легирующими элементами сплава, при интенсивном испарении не превышает 5%, однако в этом случае в сварных соединениях возникают дефекты в корневой части шва.

До настоящего времени в литературе практически отсутствуют данные о процессах испарения и истощения сварных швов легко испаряемыми легирующими элементами при электронно-лучевой сварке с динамическим воздействием на электронный луч.

Моделирование охватывает разработку математических моделей для лучшего понимания исследования сварочного процесса и прогнозирования свойств соединений, а также создание моделей для управления процессами.

Библиографический список

Вихман В.Б., Козлов А.Н., Маслов М.А. Преимущества и недостатки электронного луча при сварке по сравнению с лазером и электрической дугой // Доклады III Санкт-Петербургской Междунар. науч.-прак. конф., 24-26 июня 2014 года. СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2014. С. 4-19.

Младенов Г.М., Трутников Д.Н., Беленький В.Я., Колева Е.Г. Электронно-лучевая сварка: монография / Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехи, ун-та, 2014. 374 с.

Саломатова Е.С. Закономерности изменения химического состава сварных соединений при электронно-лучевой сварке с динамическим воздействием на электронный луч/ Е.С. Саломатова, В.Я. Беленький // Сварка, родственные процессы и технологии. – 2015. – С. 42-43.

Судник В.А. Раздел «Основы сварочного моделирования» в справочнике издательства AMS International (США) // Сварочное производство. 2015. №. С. 23-26.

Трутников Д.Н., Ольшанская Т.В., Младенов Г.М. Влияние осцилляции электронного пучка на формирование структуры и свойств сварного шва // Сварочное производство. 2012. № 11.С. 13-18.

Туричин Г.А. [и др.] Моделирование динамического поведения сварочной ванны при лазерной и гибридной сварке с глубоким проплавлением // Научно-технические ведомости СПб ГПУ. 2010. № 110. С. 175 - 181.

Yoichi Ono and Shuji Matsumoto / Yoichi Ono Diffusion of Chromium, Manganese, and Nickel in Molten Iron // Received April 11. – 1974. –pp.38-39.

ОБЗОР ЭЛЕМЕНТОВ АКТИВНЫХ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК НА ОТЕЧЕСТВЕННОМ РЫНКЕ

© В.С. Зверева, А.В. Будаев

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

Статья носит справочно-информационный характер и содержит общую информацию об элементах активных фазированных решеток, производимых отечественными компаниями, об их особенностях и технических характеристиках.

Ключевые слова: АФАР, фазовращатель, ППМ.

Одной из основных тенденций современной радиолокации является стремительный рост применения активных фазированных антенных решеток (АФАР). Ожидается, что в ближайшие годы АФАР будут доминировать во всех РЛС наземных, морских, авиационных и космических системах. Появление АФАР стало возможным благодаря развитию различных технологий изготовления электронных компонентов приемопередающих модулей (ППМ). На сегодняшний день, ряд компаний не ограничивается выпуском отдельных схем или комплексов монолитных интегральных схем для ППМ АФАР, а готовы поставлять их полностью. В России лидирующие позиции в данной области занимают четыре наиболее развитые компании: НПФ «Микран», г. Томск, АО «НИИПП», г. Томск, ОАО «Завод Магнетон», г. Санкт-Петербург и НИИ «Феррит-Домен», г. Санкт-Петербург.

Предприятие «Микран» освоило технологию проектирования и серийного производства ППМ АФАР на основе собственной электронной компонент-

ной базы. По данной технологии разработан и освоен в серийном производстве ряд приемных, приемопередающих модулей АФАР различных диапазонов для РЛС наземного, бортового и космического базирования[micran.ru]. Технические характеристики ППМ АФАР, выпускаемые компанией Микран, приведены в таблице 1.

Специалисты АО «НИИПП» разработали новые приемопередающие модули АФАР на основе низкотемпературной LTCC-керамики и уже на сегодняшний день ведут серийное производство планарных ППМ АФАР S, C, X, Ku, Ka – диапазонов. Технические решения НИИПП в области планарных АФАР не имеют аналогов в России и высоко оценены ведущими заказчиками [niipp.ru]. Такие ППМ обладают существенными преимуществами по массогабаритным характеристикам по сравнению с другими решениями: в разы уменьшается масса и толщина полотна АФАР. Каждый ППМ имеет 64 СВЧ-субмодуля, установленные в узлах гексагональной решетки, технические характеристики субмодуля приведены в таблице 1. Модули могут соединяться между собой без нарушения шага излучателей решетки, тем самым из них можно составлять полотно АФАР неограниченной площади. Это позволяет использовать их в малогабаритных радиолокационных головках самонаведения, на борту беспилотного летательного аппарата и для нового класса антенных систем – конформных антенных решеток, т.е. повторяющих форму объекта.

ОАО «Завод Магнетон» является уникальным предприятием российского оборонно-промышленного комплекса, специализирующимся на изделиях со сложной ферритокерамической структурой. Уникальность предприятия заключается в наличии полного цикла работ – от исследований до серийного производства продукции, соответствующей всем мировым стандартам [magneton.ru]. Завод занимается стабильным выпуском ферритовых ФВ и производством на их основе готовых АФАР, характеристики которых превышают лучшие отечественные и зарубежные образцы. На сегодняшний день практически в любом высокоточном оружии в России применяется продукция завода Магнетон. Наиболее значимым достижением завода стало создание фазовращателей для

РЛС зенитного ракетно-пушечного комплекса «Панцирь-С1». Технические характеристики фазовращателя, выпускаемых заводом магнетон представлены в таблице 1.

Однако, по-прежнему, лидером ферритовой отрасли России остается НИИ «Феррит-Домен». Главным девизом института является производство высокотехнологичной продукции и разработки СВЧ приборов и материалов нового поколения. Большое разнообразие классов и типов выпускаемых СВЧ приборов, предназначенных для работы в различных частотных диапазонах и на разных уровнях мощности передаваемых сигналов, позволяет предприятию занимать лидирующее положение в оснащении всех важнейших гражданских и оборонных систем страны [domen.ru]. В номенклатуре выпускаемых изделий – сотни марок микроволновых ферритов и керамики, изделий из магнитомягких ферритов и металлических порошковых материалов. Предприятием освоен новый тип продукции – сверхлегкие радиопоглощающие материалы на основе тонких наноструктурированных пленок. НИИ «Феррит-Домен» разрабатывает и выпускает различные типы фазовращателей для рабочих частот от 2 ГГц до 50 ГГц для наземной, морской, авиационной и космической техники. Основные характеристики ФВ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики элементов АФАР

Название элемента АФАР	Технические характеристики					
	Рабочий диапазон частот, ГГц	Коэффициент шума, дБ	Диапазон регулировки фазы, °	Время переключения, мкс	Рабочая температура, °С	Габариты, мм
1	2	3	4	5	6	7
НПФ «Микран»						
ППМ С-диапазона	3,4-7,5	менее 5	0 - 360	50-100	от минус 55 до +55	185×50×30

ППМ X-диапазона	7,25-8,4	менее 4,5	0 - 360	40-50	от минус 55 до +55	250×100×15
ППМ X-диапазона для бортовых РЛС	7,5-20	менее 5	0 - 360	40-100	от минус 55 до +55	200×130×25
АО «НИИПП»						
СВЧ - субмодуль	2-40 ¹	менее 3	более 90	менее 25	от минус 60 до +85	156×127×13
ОАО «Завод Магнетон»						
ФВ мм-диапазона длин волн	33 - 35	менее 1,5	400	100	от минус 40 до +55	47×5,8×5,8
ФВ см-диапазона длин волн	6,5-9,6	менее 1	более 360	менее 100	от минус 50 до +60	71×28×20
НИИ «Феррит-Домен»						
ФВ мм-диапазона длин волн	26,5-40	менее 1,7	менее 400	100	от минус 60 до +70	43×24×24
ФВ см-диапазона длин волн	2,6-5,8	менее 1,2	менее 400	30	от минус 10 до +50	300×115×55

На основе проведенного сравнительного анализа основных качественных характеристик элементов АФАР (таблица 1), выпускаемых отечественными производителями, вытекает следующий вывод: основным рынком данной продукции является военная отрасль, для которой первоочередными критериями являются эксплуатационная надежность в широком диапазоне рабочих температур и

масштабируемость данной продукции под конкретные специализированные задачи. Всем перечисленным критериям в полной мере удовлетворяют СВЧ-субмодули АО «НИИПП», что делает их лучшим решением на отечественном рынке РЛС на сегодняшний день.

Библиографический список

Деятельность НПФ «Микран» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.micran.ru/about/activity/> (дата обращения: 06.09.2017).

О предприятии АО «НИИПП» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.niipp.ru/about/> (дата обращения: 09.09.2017).

Каталог продукции НПФ «Микран» [Электронный ресурс]. – URL: http://download.micran.ru/kia/catalog/C_СВЧ-электроника (дата обращения: 06.09.2017).

Продукция АО «НИИПП» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.niipp.ru/catalog/> (дата обращения 10.09.2017).

СМИ о заводе Магнетон [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.magneton.ru/news> (дата обращения: 13.09.2017).

Каталог ОАО «Завод Магнетон» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.magneton.ru/cat.php?id=33> (дата обращения: 17.09.2017).

Научно-исследовательский институт «Феррит-Домен» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.domen.ru/> (дата обращения: 20.09.2017).

Каталог продукции НИИ «Феррит-Домен» [электронный ресурс]. - URL: <https://www.domen.ru/products> (дата обращения: 21.09.2017).

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ

© А.А. Кошелевская, Р.Н. Беленьков

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

В статье рассматриваются стандартные требования, применяемые к техническим жидкостям, перспективные методы исследования параметров технических жидкостей, а также возможности современных средств анализа параметров технических жидкостей.

Ключевые слова: *ультразвуковая локация, бензин, контроль качества топлива.*

Многие современные автомобили оснащены электронной системой зажигания с компьютерным блоком управления подачей и впрыском топлива. Один из важных для правильной работы блока управления параметров - октановое число бензина. При его несоответствии стандартному двигатель не сможет работать в оптимальном режиме, нарушится процесс управления впрыском топлива вплоть до аварийной потери мощности. Поэтому наличие простого и доступного для всех автолюбителей устройства контроля октанового числа бензина, заливаемого в топливный бак, сегодня весьма актуально.

Цель настоящей работы — проанализировать современные методы и средства исследования характеристик топлива.

Объёмы продаж некачественного автомобильного топлива в России и СНГ превосходят все разумные пределы и по различным оценкам составляют от 30 до 70% всего объема продаж. Таким образом, встает вопрос о необходимости *создания простого, мобильного и доступного для всех автолюбителей устройства контроля октанового числа бензинов.*

Топлива для карбюраторных двигателей должны иметь такие физико-химические свойства, которые обеспечивали бы:

- нормальное и полное сгорание полученной смеси в двигателе (без возникновения детонации);
- образование топливовоздушной смеси требуемого состава;
- бесперебойную подачу бензина в систему питания двигателя;
- отсутствие коррозии и коррозионных износов деталей двигателя;
- возможно меньшее образование отложений во впускном трубопроводе, камерах сгорания и других местах двигателя;
- сохранение качеств при хранении, перекачках и транспортировке.

В соответствии с ГОСТ Р 51105-97 в настоящее время вырабатываются только неэтилированные бензины (свинца не более 0,01 г/дм³).

Требования к качеству автомобильных бензинов приведены в таблице 1 [ГОСТ Р 51105-97].

Таблица 1 - Требования к качеству автомобильных бензинов.

Показатель	Марка бензина				
	80	91	92	95	98
Октановое число, не менее:					
Моторный метод	76,0	82,5	83,0	85,0	88,0
Исследовательский метод	80,0	91,0	92,0	95,0	98,0
Содержание свинца, г/дм ³ , не более	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Содержание марганца, мг/ дм ³ , не более	50	18	-	-	-
Содержание фактических смол, мг/100 см ³ , не более	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Содержание серы, % (масс.), не более	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Содержание бензола,	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

% (об.), не более					
Индукционный период окисления, мин., не менее	360	360	360	360	360
Испытание на медной пластине	Выдерживает				
Внешний вид	Чистый прозрачный				
Плотность при 15°C, кг/м ³	700-750	725-780	725-780	725-780	725-780

Перспективным направлением разработки приборов ККТ (контроля качества топлива) с точки зрения оперативного контроля следует признать электромагнитную технику, объединяющую в себе электродинамику, оптоэлектронику, спектрометрию, а также акустику, практически не применяющуюся в настоящее время при исследовании нефтепродуктов. Исследование топлива путем пропускания через него электромагнитного и акустического сигналов различной частоты при одновременном измерении плотности и температуры с последующей обработкой информации в ЭВМ дает практически неограниченные возможности построения приборов ККТ.

Спектрометрические методы, основанные на анализе спектров поглощения или пропускания топлив в широком диапазоне частот, позволяют в известной степени уменьшить влияние состава сырья на измерение детонационной стойкости. Эти методы используют принцип наблюдения за интенсивностями большого числа полос поглощения в инфракрасных спектрах углеводородов.

Интересны электронно-акустические методы исследования качества топлив. Известно, что такие параметры, как скорость распространения и коэффициент затухания звука в среде сильно зависят от ее плотности. Поэтому один из самых распространенных параметров топлива — плотность может определяться по скорости распространения, либо по коэффициенту затухания акустического сигнала в топливе. Здесь применяются частотные и импульсные методы. Частотные методы связаны с зондированием пробы топлива гармоническим

сигналом с последующим измерением и вычислением коэффициента затухания сигнала на определенном расстоянии от источника. Импульсные методы основаны на измерении скорости распространения одиночного акустического импульса в контролируемой пробе. Все перечисленные методы определения октанового числа бензина не позволяют создать малогабаритный и дешевый прибор оперативного контроля качества топлива.

Применение ультразвука в малогабаритных приборах ККТ дает нам такую возможность. Скорость распространения ультразвука в жидкостях может быть рассчитана на основании их физико-химического строения, однако анализ литературных данных обнаруживает непостоянство углеводородного состава нефти и нефтепродуктов. Для расчета значений скорости звука представляется возможным установление эмпирической зависимости для нефти и нефтепродуктов. Изменение скорости звука при изменении температуры в основном определяется температурной зависимостью сжимаемости жидкости. Во всех органических жидкостях, к которым относятся углеводороды, сжимаемость значительно увеличивается при повышении температуры, что вызывает уменьшение скорости звука [Шапов А. В.].

На рынке представлен широкий спектр октанометров, которые реализованы на основе различных методов неразрушающего контроля, в том числе и на ультразвуковых. Каждое устройство имеет свои достоинства и недостатки. Перечислим основные технические возможности экспресс-анализаторов:

- Определение октанового числа бензина;
- Определение цетанового числа дизельного топлива;
- Определение температуры застывания дизельного топлива;
- Определение типа дизельного топлива;
- Измерение диэлектрической проницаемости ГСМ;
- Определение качества и степени чистоты моторного, промышленного и трансформаторного масел;
- Определение напряжения пробоя трансформаторного масла;

- Определение тангенса угла диэлектрических потерь трансформаторного масла;
- Определение металлосодержащих антидетонационных присадок, повышающих октановое число в бензинах;
- Определение содержания керосина в дизтопливе;
- Измерение индукционного периода бензина (устойчивость к окислению);
- Идентификация марки моторного масла (фирма-производитель);
- Определение щелочного числа моторных масел;
- Измерение удельного объемного сопротивления нефтепродуктов;
- Определения содержания механических примесей в нефтепродуктах;
- Определение процентного содержания воды в нефти и нефтепродуктах.

К тому же помимо перечисленных возможностей приборы могут реализовывать обмен данными по интерфейсам RS-232 и USB с компьютером, могут выполнять автоматическую калибровку или калибровку с помощью компьютера, также есть возможность выгружать полученные данные на внешние накопители [*Электронный ресурс*].

Библиографический список

ГОСТ Р 51105-97. Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5, 6, с Поправкой)

Шамов А. В. Применение ультразвука для определения октанового числа бензина / А. В. Шамов // Приоритеты развития отечественного автотракторостроения и подготовки инженерных и научных кадров : 65-я Междунар. научн.-техн. конф. Ассоциации автомобильных инженеров, Москва, 2009. – М.: МГТУ «МАМИ», 2009. – Кн. 3. – С. 166-175.

Электронный ресурс. Приборы для экспресс-анализа качества нефтепродуктов – URL: http://alfa-prom.ru/e_expan_oil.html (дата обращения: 20.09.2017)

МИКРОСКОПИЯ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ В БИОМЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

© Н.О. Серова¹, В.П. Гугало²

¹Курский государственный университет, г. Курск, Россия

²Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И.

Иванова, г. Курск, Россия

Был проведен сравнительный анализ методов высокого разрешения в исследованиях крови человека. Выявлены пределы разрешающей способности и характерные особенности данных методов, что позволило сделать выбор в пользу оптимального для дальнейших исследований.

Ключевые слова: *методы высокого разрешения, электронная микроскопия, ближнепольная микроскопия, зондовая микроскопия.*

Важной задачей современной микробиологии является исследование морфологии биологических объектов, так как именно размеры и форма во многом определяют наличие или отсутствие патологий, функциональное состояние форменных элементов крови [Потатуркина-Нестерова 2012]. Применение наноматериалов в сочетании с биологическими макромолекулами позволяет создавать новые методы диагностики заболеваний и разрабатывать новые биологически совместимые материалы с необычными свойствами [Замалеева 2010].

Микроскопия является одним из важнейших инструментов в биологических исследованиях [<https://znai.ru/art/400168600.php>]. В биологии и медицине эти методы позволяют изучать строение микробиологических объектов, разме-

ры которых лежат за пределами разрешающей способности глаза человека. Основу методов высокого разрешения составляют электронная, зондовая и ближнепольная микроскопия, являющиеся важнейшими инструментами в биологических исследованиях.

Ближнепольная оптическая микроскопия (БОМ) — оптическая микроскопия, обеспечивающая разрешение лучшее, чем у обычного оптического микроскопа. Повышение разрешения БОМа достигается детектированием рассеяния света от изучаемого объекта на расстояниях меньших, чем длина волны света [Дряхлушин 2007]. В случае, если зонд (детектор) микроскопа ближнего поля снабжен устройством пространственного сканирования, то такой прибор называют сканирующим оптическим микроскопом ближнего поля. Такой микроскоп позволяет получать растровые изображения поверхностей и объектов с разрешением ниже дифракционного предела.

Ближнепольная оптическая микроскопия является чрезвычайно полезным инструментом для исследования локальных свойств физических, микробиологических и химических объектов с разрешением ≤ 100 нм. В микробиологии метод применен для исследования свойств одиночных вирусов, нейронов, больших органических молекул [Дряхлушин 2003].

Методы атомно-силовой микроскопии находят все более широкое применение в биологии, медицине и фармакологии. Атомно-силовой микроскоп (АСМ) позволяет получать истинно трехмерный рельеф исследуемой поверхности, при его использовании не требуется, чтобы образец проводил электричество. Кроме того, измерения можно осуществлять не только в вакууме, но и на воздухе, в атмосфере любого газа и даже в капле жидкости. Методы исследования биологических объектов при помощи АСМ можно разделить на две основные группы: визуализация с высоким разрешением и оценка локальных механических свойств (эластичности).

Атомно-силовая микроскопия — очень перспективный путь изучения локальных механических и биофизических свойств отдельных клеток, а также, в

случае работы в жидкости, способ оценки влияния на клетку различных патогенных факторов или фармакологических препаратов [Дрозд 2009].

Атомно-силовая микроскопия является перспективным методом, позволяющим исследовать особенности структуры поверхности бактерий различных таксономических групп при решении фундаментальных и практических задач биологии и медицины. Решаются проблемы изучения клеточных структур, мембран, протеинов, вирусов, бактерий, тканей, наночастиц и их взаимодействия с другими объектами [Потатуркина-Нестерова 2012].

В медицине и биологии электронная микроскопия используется для изучения структуры клеток и тканей на субклеточном и макромолекулярном уровнях. Значительное усиление разрешающей способности оборудования обеспечивается потоком электронов, которые проходят в вакууме сквозь электромагнитные поля. Последние, в свою очередь, создаются специальными линзами. Электроны обладают способностью проходить сквозь структуры объекта либо отражаться от них с отклонениями под разными углами. В результате создается изображение на люминесцентном экране прибора [<http://fb.ru/article/281784/mikroskopicheskie-metodyi-issledovaniya-v-mikrobiologii>].

ТЭМ превратилась в полноценный метод структурной нанотехнологии в результате улучшения методик, позволяющих с разрешением от 2–5 до 0,2 нм визуализировать трехмерную структуру макромолекул и повышать эффективность расчета таких структур [Печникова 2013].

Методики фиксации, заливки и получение тонких срезов тканей для исследования дают возможность исследовать организацию клеток на макромолекулярном уровне. Электронная микроскопия выявила компоненты клетки и детали строения мембран, митохондрий, эндоплазматической сети, рибосом и множества других органелл, входящих в состав клетки. Образец сначала фиксируют глутаральдегидом или другими фиксирующими веществами, а затем обезвоживают и заливают пластмассой. Методы криофиксации (фиксации при очень низких – криогенных – температурах) позволяют сохранить структуру и

состав без использования химических фиксирующих веществ. Кроме того, криогенные методы позволяют получать изображения замороженных биологических образцов без их обезвоживания. При помощи ультрамикротомов с лезвиями из полированного алмаза или сколотого стекла можно делать срезы тканей толщиной 30 – 40 нм. Смонтированные препараты могут быть окрашены соединениями тяжелых металлов (свинца, осмия, золота, вольфрама, урана) для усиления контраста отдельных компонентов или структур [http://znakka4estva.ru/dokumenty/fizika-i-energetika/metody-elektronnoy-mikroskopii].

Если оценить рассматриваемые характеристики методов в качественной шкале, то можно увидеть, что ПЭМ является наиболее предпочтительной для исследования микробиологических объектов.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики методов микроскопии высокого разрешения

	Предел разрешающей способности	Сложность подготовки	Стоимость оборудования	Стоимость исследования	Время обработки одного образца
БОМ	13 нм	1	2	2	1
АСМ	0.1 – 1 нм	2	1	3	3
ПЭМ	менее 0.2 нм	3	3	1	2

*-условная шкала от 1 до 3, где

1 –минимальное значение,

3 –максимальное значение.

Таким образом, АСМ, несомненно, важный метод в микроскопии высокого разрешения, но длительность исследования при сканировании одного образца, делает этот метод по сравнению с ПЭМ менее практичным, так как за это время с помощью ПЭМ можно исследовать целую серию однотипных образцов. Ближнепольная оптическая микроскопия также перспективна в микробиологических исследованиях, но предел разрешения данного метода уступает ПЭМ, а

эта характеристика критична для исследования клеток, субклеточных структур и макромолекул.

В результате сравнения характеристик рассмотренных методов, мы пришли к выводу, что наиболее подходящим методом в микробиологических исследованиях для оценки формы, структуры и строения микробиологических объектов является просвечивающая электронная микроскопия и дальнейшие наши исследования будут сосредоточены именно на применении этого метода в исследовании биологических структур в норме и при различных патологиях.

Библиографический список:

Дрозд Е. Новый метод в биомедицинских исследованиях/Науч.-техн.журн. «Наука и инновации»/ Зондовая микроскопия открывает новый мир –2009–№10(80).

Дряхлушин В.Ф. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия, спектроскопия и нанолитография// Crimean Conference “Microwave & Telecommunication Technology” – 2003

Дряхлушин В.Ф., Вейко В.Ф. [и др.] Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия и ближнепольные оптические зонды: свойства, изготовление и контроль параметров// Квантовая электроника-2007-№37(2)-193-203 с.

Замалева А.И. Иммобилизация наноматериалов на поверхности живых клеток эукариот и прокариот: Автореферат ... дис. канд.биол.наук. – К, 2010. – 25 с.

Методы электронной микроскопии [Электронный ресурс]// Режим доступа: <http://znakka4estva.ru/dokumenty/fizika-i-energetika/metody-elektronnoy-mikroskopii/> (Дата обращения 30.09.2017 г.)

Микроскопические методы исследования [Электронный ресурс]// Медицинская энциклопедия – Режим доступа: <https://znai.ru/art/400168600.php> (Дата обращения 16.09.2017 г.).

Микроскопические методы исследования в микробиологии [Электронный ресурс] /Электр.журн. –2016–Режим доступа: <http://fb.ru/article/281784/mikroskopicheskie-metodyi-issledovaniya-v-mikrobiologii> (Дата обращения 16.09.2017 г.).

Печникова Е., Станишинева-Коновалова Т. [и др.] Повышение контраста изображения при исследовании бионаночастиц // Научно-технический журнал – 2013 – №6 –77 с.

Потатуркина-Нестерова Н.И. [и др.] Атомно-силовая микроскопия как метод исследования в микробиологии // Современные проблемы науки и образования. – 2012. –№3.

Потатуркина-Нестерова Н.И. [и др.] Современные методы микроскопии в изучении биологических объектов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. –№6.

ПРИМЕНЕНИЕ GPU ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

© К.П. Сулима

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

В статье рассматриваются особенности реализации алгоритмов помехоустойчивого кодирования на графических процессорах в области цифровой обработке телекоммуникационных сигналов.

Ключевые слова: *помехоустойчивое кодирование, ЦОС, GPU.*

В современном мире, телекоммуникации одна из наиболее динамично развивающихся областей. При этом развитие отрасли характеризуется не только увеличением пропускной способности существующих средств связи, услож-

нением методик обработки телекоммуникационных сигналов, но и, главным образом, расширение спектра услуг. В ситуации с постоянно растущими требованиями к пропускной способности канала и увеличением скорости в канале, возникает необходимость в изучении (поиске) новых подходов к реализации цифровой обработки телекоммуникационных сигналов.

Цель настоящей работы – проанализировать применение графических процессоров для решения задач в области цифровой обработки телекоммуникационных сигналов.

При передаче информации, большинство преобразований должны выполняться в масштабе реального времени, что в свою очередь, требует значительной вычислительной мощности. Современные комплексы, работающие с цифровыми сигналами, зачастую построены на специальных дорогостоящих электронных компонентах, таких как ПЛИС (программируемая логическая интегральная схема) или ЦСП (цифровой сигнальный процессор). Однако, в области телекоммуникаций, существуют задачи, где использование более доступных и универсальных платформ, может удовлетворить необходимые требования к скорости обработки, а также обеспечить экономию финансов и времени на разработку подобных решений, которые не требуют проектирование сложных устройств. Одним из перспективных вариантов решения данного противоречия является использование видеокарт для неграфических вычислений.

Современные графические процессоры обладают значительно большей вычислительной мощностью, чем любые другие программируемые устройства общего назначения. При этом их можно использовать для решения широкого круга задач, включая задачи цифровой обработки сигналов (ЦОС). В настоящее время существуют реализации самых различных алгоритмов для GPU, включая БПФ, алгоритмы линейной алгебры, включая операции над разреженными матрицами и векторами, всевозможные алгоритмы обработки изображений и видео, алгоритмы компьютерного зрения [Цифровая обработка сигналов на современных графических процессорах].

В данной статье рассмотрены особенности реализации алгоритмов помехоустойчивого кодирования на основе операции перемежения использующейся в каскадных кодах при ЦОС на GPU, поддерживающих устройства NVIDIA, как наиболее распространенных и имеющих наилучшие средства программирования и набора библиотек.

Использование перемежения – одна из характерных особенностей передачи информации по каналам связи, что является следствием неизбежных глубоких замираний сигнала в условиях многолучевого распространения, которое практически всегда имеет место, особенно в условиях плотной городской застройки. При этом группа следующих один за другим символов, попадающих на интервал замирания сигнала, с большой вероятностью оказывается ошибочной. Если же перед выдачей информационной последовательности в радиоканал она подвергается процедуре перемежения, а на приемном конце восстанавливается прежний порядок следования символов, то пакеты ошибок с большой вероятностью превращаются в одиночные ошибки [Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы].

С точки зрения программирования, задача перемежения сводится к алгоритму транспонирования битовой матрицы. В данном случае рассмотрим методы транспонирования битовой матрицы, элементы которой являются отдельными битами, упакованными по 8 в одном байте. Это несложное на первый взгляд преобразование оказывается громоздким по количеству выполняемых команд.

Алгоритм транспонирования матрицы 8×8 выглядит следующим образом:

1. Запустить 16 потоков для обработки одной входной матрицы 8×8 .
2. Интерпретировать матрицу 8×8 как 16 матриц 2×2 .
3. Транспонировать 16 матриц 2×2 .
4. Транспонировать 4 подматрицы 2×2 элементами такой подматрицы является матрицы 2×2 .

5. Транспонировать 1 матрицу размером 2x2 элементами которой являются матрицы 4x4.

Операция транспонирования матрицы состоит из следующих операций:

1. Перестановка бит 1 и 8, 3 и 10, 5 и 12 и т. д.
2. Перестановка бит 0 и 7, 2 и 4, 6 и 11 и т. д.
3. Объединение перестановок.

Также следует заметить, что 16 потоков недостаточно даже для того, чтобы заполнить один блок и тем более для того, чтобы загрузить работой весь GPU. Эффективно его использовать можно, лишь запустив тысячи потоков одновременно, и поэтому стоит запускать обработку множества преобразований сразу. Дополнительно стоит упомянуть, что в данном эксперименте, наибольшая часть времени, затраченного при обработке данных на GPU, потребовалась на пересылку данных из оперативной памяти ПК в разделяемую память графического процессора и обратно. Соответственно, для улучшения отношения между временем, затраченным на перемещение данных и обработку данных, необходимо существенно увеличивать количество математических операций над единицей данных.



Рисунок 1 – График сравнения производительности

Для проведения испытаний были выбраны несколько выборок цифровых спутниковых сигналов различной длины. В результате наблюдается увеличение скорости обработки сигнала на 550% при вычислениях на графических процессорах. Испытания проводилось на оборудовании одного поколения. На рисунке

1 представлен график сравнения времени выполнения операции переключения на графическом и центральном процессоре.

В результате, анализ времени выполнения операций кодирования и декодирования позволил сделать выводы о накладных и вычислительных расходах, оценить возможности применяемой вычислительной техники для решения задач данного класса.

Библиографический список

Цифровая обработка сигналов на современных графических процессорах
удк 004.272.34

Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы: Справочник / под ред. чл.-кор. РАН Ю. Б. Зубарева. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 126 с.

JETSON TX2 КАК АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

© Коптев А.Д.¹, Сизов А.С.¹, Крыжевич Л.С.²

¹Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

²Курский государственный университет, г. Курск, Россия

В статье рассматривается новое поколение печатных видеоплат, адаптированных для встраиваемых систем машинного зрения.

Ключевые слова: машинное зрение, Nvidia Jetson TX2.

Основная задача, которая ставится перед системами машинного зрения – это распознавание графической или видеoinформации. Для этого им необходимо аппаратное обеспечение, которое может обрабатывать большое количе-

ство информации параллельно. Если не придерживаться жестких требований к габаритам, массе и энергопотреблению данной системы, на данную роль может подойти система на базе серверного процессора либо обычная система с производительными процессором и видеокартой.

Комбинация производительного процессора и видеокарты (например, Intel Core i7 7700k и Nvidia Quadro FX 5800) при всей своей производительности потребляет очень много энергии – около 800-900 Вт. Энергопотребление системы на серверных процессорах, как например на Intel Xeon E5-2690, будет значительно меньше – около 200 Вт. Иначе стоит задача разработки системы машинного зрения, для которого требуется аппаратное обеспечение, масса и энергопотребление которого должны быть ниже, чем у микрокомпьютера, а вычислительные затраты сравнимы с ПК для сложных научных расчетов и 3D-моделирования.

В начале ноября 2015 года компания Nvidia представила новый продукт Jetson TX1. Как утверждают разработчики, эта печатная плата способна позволить новым поколениям дронов и роботов воспользоваться возможностями искусственного интеллекта, что стало возможным благодаря использованию нейросетей при очень низком энергопотреблении.

Разработчикам удалось заключить производительность, которую 17 лет назад мог продемонстрировать мощный суперкомпьютер, в компактный корпус, размеры которого сравнимы с мобильным телефоном. Для достижения такой производительности в Jetson используют 256-ядерный графический процессор на архитектуре Maxwell. На плате также присутствуют 64-разрядные процессоры CortexA-57, 4 ГБ памяти LPDDR4, слот для флэш-памяти eMMC объемом до 16 ГБ, WiFi-модуль и поддержка подключения через кабель Gigabit Ethernet. Плата управляется ОС Linux for Tegra и имеет размеры 50x87 мм.

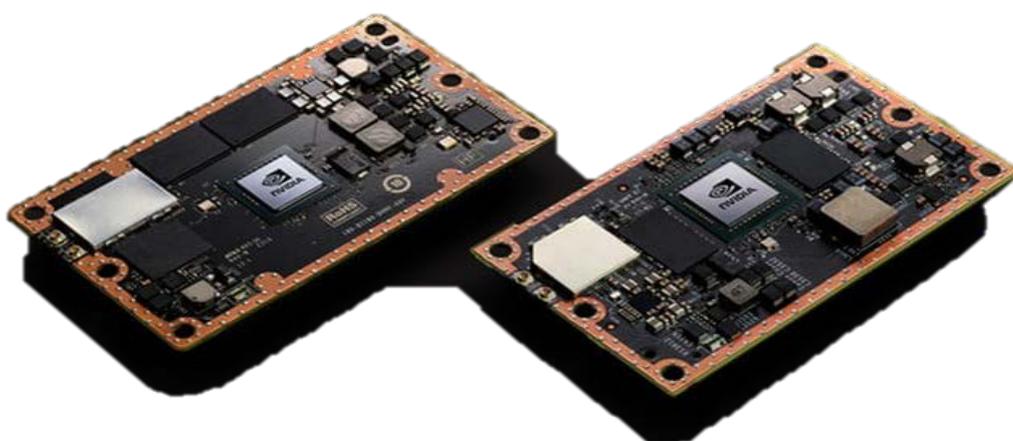


Рис. 1. Внешний вид Nvidia Jetson TX1 и TX2.

В марте 2017 года Nvidia представила дальнейшее развитие jetson TX1 – Nvidia Jetson TX2 [www.ixbt.com, www.nvidia.ru]. В отличие от TX1, TX2 имеет 256-ядерный графический процессор Nvidia с архитектурой Pascal, 64-битный модуль CPU Complex ARMv8 с шестью ядрами и 8 ГБ памяти стандарта LPDDR4 со 128-битным интерфейсом. CPU Complex состоит из 4-ядерного кластера ARM Cortex-A57 и 2-ядерного кластера Nvidia Denver 2. Габариты TX2 – 50x87 мм, масса – 85 г., уровень энергопотребления при стандартной нагрузке – 7,5 Вт, что в совокупности с высокой производительностью является отличным решением для использования данной платы в устройствах с высоким уровнем автономности.

В основе TX2 лежит система-на-чипе (SoC) Nvidia Tegra “Parker”, произведенная по 16-нм техпроцессу. Блок-диаграмма SoC “Parker” представлена на рисунке ниже:

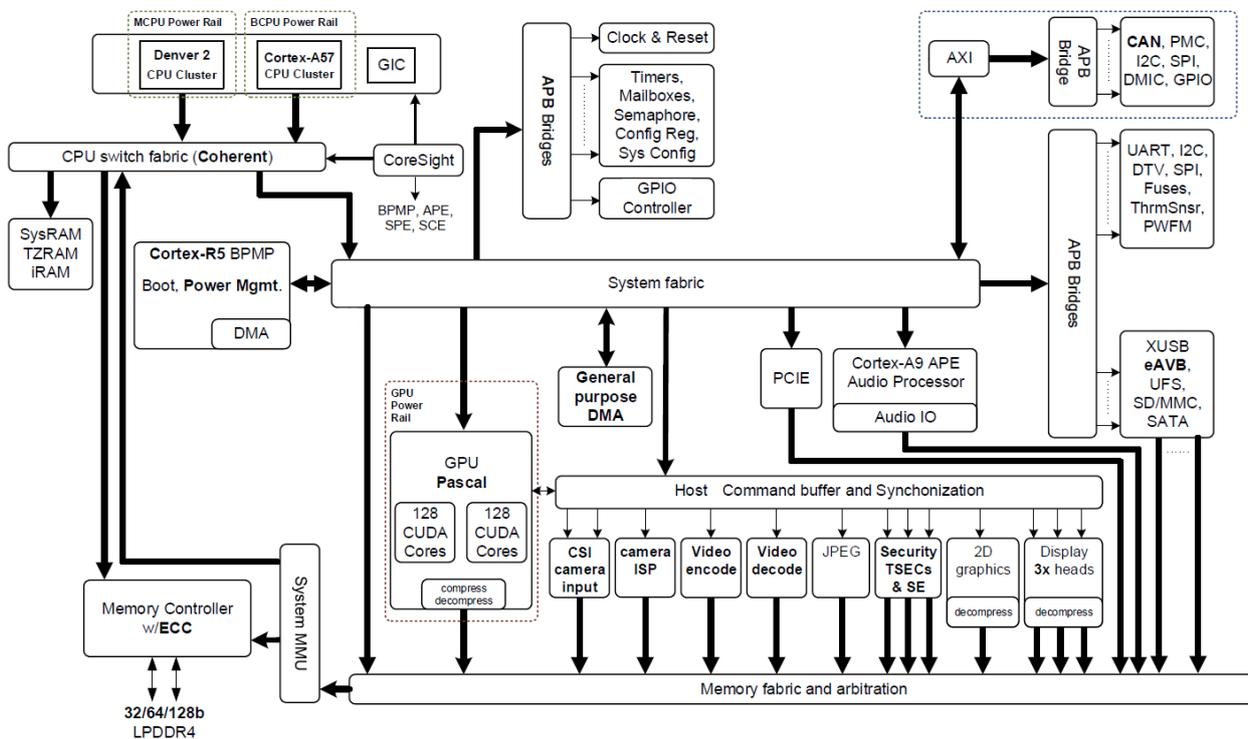


Рис. 2. Блок-диаграмма работы SoC “Parker”

Jetson TX2 ускоряет работу глубоких нейронных сетей (DNN) благодаря использованию библиотек NVIDIA cuDNN и Tensor RT с поддержкой реализации рекуррентных нейронных сетей (RNN), сетей с долгой краткосрочной памятью (LSTM) и обучения с подкреплением. Двойная шина CAN позволяет интегрировать системы автопилотирования для управления роботами и дронами, которые используют глубокие нейронные сети для считывания информации вокруг и безопасной работы в динамичных окружениях. Jetson TX2 работает под управлением программного пакета NVIDIA Jet Pack 3.0 и Linux For Tegra (L4T). Таблица ниже показывает, насколько отличается аппаратное обеспечение TX2 по сравнению с TX1.

Таблица 1. Сравнение Jetson TX1 и Jetson TX2.

	Jetson TX1	Jetson TX2
Процессор	ARM Cortex-A57 (четыре ядра) с тактовой частотой 1,73 ГГц	ARM Cortex-A57 (четыре ядра) с тактовой частотой более 2 ГГц NVIDIA Denver2 (два ядра) с тактовой частотой 2 ГГц
GPU	256-ядерный GPU поколения Maxwell с тактовой частотой 998 МГц	256-ядерный GPU поколения Pascal с тактовой частотой 1300 МГц
Память	4 ГБ 64-битной памяти LPDDR4 с частотой 1600 МГц пропускная способность 25,6 Гбит/с	8 ГБ 128-битной памяти LPDDR4 с частотой 1866 МГц пропускная способность 58,3 Гбит/с
Флеш-память	Накопитель eMMC 5.1 объемом 16 ГБ	Накопитель eMMC 5.1 объемом 32 ГБ
Кодирование видео*	4Кр30, (2х) 1080р60	4Кр60, (3х) 4Кр30, (8х) 1080р30
Декодирование видео*	4Кр60, (4х) 1080р60	(2х) 4Кр60
Камера	12 каналов MIPI CSI-2 пропускная способность 1,5 Гбит/с на канал пропускная способность ISP 1,4 гигапикселя/с	12 каналов MIPI CSI-2 пропускная способность 2,5 Гбит/с на канал пропускная способность ISP 1,4 гигапикселя/с
Дисплей	2 разъема HDMI 2.0 / DP 1.2 / eDP 1.2 2 разъема MIPI DSI	
Беспроводное подключение	802.11a/b/g/n/ac 2×2 MIMO, максимальная скорость 867 Мбит/с Bluetooth 4.0	802.11a/b/g/n/ac 2×2 MIMO, максимальная скорость 867 Мбит/с Bluetooth 4.1
Ethernet	Порты 10/100/1000 BASE-T Ethernet	
USB	USB 3.0 + USB 2.0	
PCIe	Gen 2 1×4 + 1×1	Gen 2 1×4 + 1×1 или 2×1 + 1×2
CAN	Не поддерживается	Двойная шина CAN
Misc I/O	UART, SPI, I2C, I2S, GPIO	
Сокет	Межплатный соединитель 400-pin Samtec, 50x87 мм	

Температурный режим	от -25°C до 80°C	
Энергопотребление††	10 Вт	7,5 Вт
Цена	\$299 за один модуль при покупке от 1000 единиц продукта	\$399 за один модуль при покупке от 1000 единиц продукта

* Поддерживаемые видеокодеки: H.264, H.265, VP8, VP9

†† Потребление энергии Jetson TX2 в режиме Max-Q, входное напряжение ~5,5-19,6 В.

Для демонстрации производительности Jetson TX2 с JetPack 3.0, их сравнили с серверным CPU Intel Xeon E5-2690 v4 в нейросети GoogLeNet в распознавании изображений.

Как видно из рисунка 3, Jetson TX2 превосходит Xeon E5-2690 v4 по производительности, хотя энергопотребление у них на совершенно разных уровнях: 15 Вт у TX2 против почти 200 Вт у Xeon E5-2690 v4.

Jetson TX 2 имеет 2 основных режима работы: Max-Q и Max-P, которые отличаются разным соотношением производительности и энергоэффективности. В режиме Max-Q частота GPU ограничится 854 МГц, а Cortex-A57 работает на 1,2 ГГц, что позволяет приблизить производительность TX2 к производительности TX1 на максимальной частоте, но при этом потребление энергии у TX2 вдвое меньше, за счет чего достигается 2-кратный прирост энергоэффективности. Однако не всем платформам подходит такой режим работы, поэтому для систем, у которых предпочтение отдается максимальной производительности на высоких частотах, существует режим Max-P, который обеспечит высокую производительность при энергопотреблении менее 15 Вт. В этом режиме GPU работает на частоте 1122 МГц. Частота же процессорных ядер может отличаться: до 2 ГГц в случае работы одного кластера или по 1,4 ГГц при совместной работе всех ядер Cortex-A57 и Denver 2. Также есть возможность самостоятельно настраивать частоты под свои нужды.

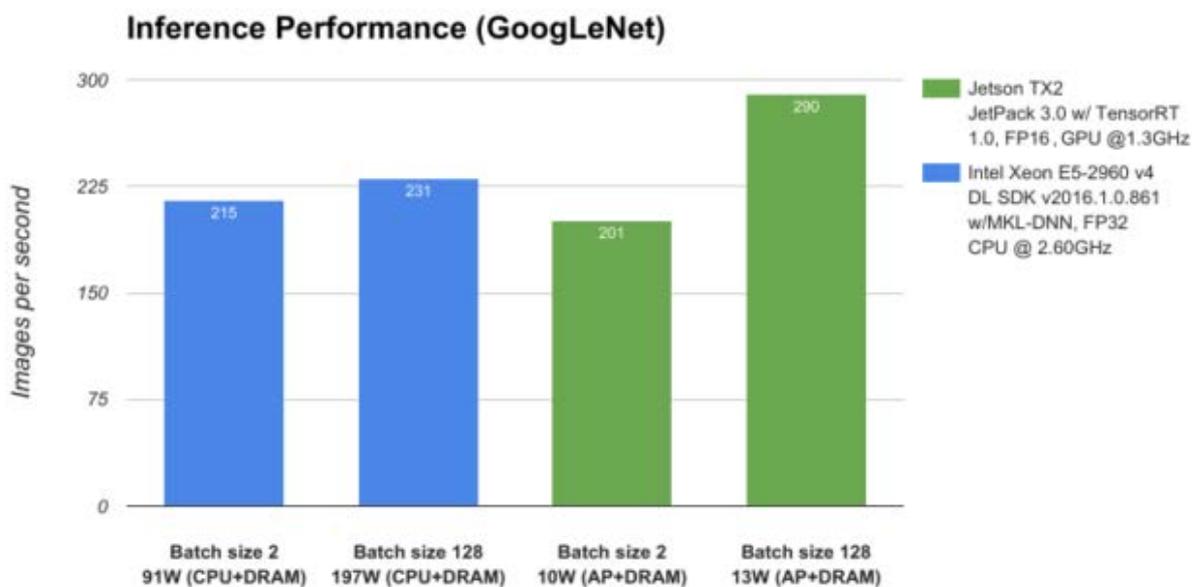


Рис. 3. Сравнение производительности Jetson TX2 и IntelXeon E5-2690 v4 в нейросети GoogLeNet в распознавании изображений

Таблица 2. Показатели энергопотребления нейросетей GoogLeNet и AlexNet в режиме max-Q и max-P на NVIDIA Jetson TX1 и Jetson TX2. Энергоэффективность во всех тестах оценивалась числом изображений в секунду на Вт потребленной энергии.

		NVIDIA Jetson TX1	NVIDIA Jetson TX2		
		Максимальная тактовая частота (998 МГц)	Max-Q (854 МГц)	max-P (1122 МГц)	Максимальная тактовая частота (1302 МГц)
GoogLeNet пакет=2	Производительность	141 FPS	138 FPS	176 FPS	201 FPS
	Энергопотребление (AP+DRAM)	9,14 Вт	4,8 Вт	7,1 Вт	10,1 Вт
	Энергоэффективность				
GoogLeNet пакет=128	Производительность	204 FPS	196 FPS	253 FPS	290 FPS
	Энергопотребление (AP+DRAM)	11,7 Вт	5,9 Вт	8,9 Вт	12,8 Вт
	Энергоэффективность	17,44	33,2	28,5	22,7

Alex Net па- кет=2	Производительность	164 FPS	178 FPS	222 FPS	250 FPS
	Энергопотребление (AP+DRAM)	8,5 Вт	5,6 Вт	7,8 Вт	10,7 Вт
	Энергоэффективность	19,3	32	28,3	23,3
Alex Net па- кет=1 28	Производительность	505 FPS	463 FPS	601 FPS	692 FPS
	Энергопотребление (AP+DRAM)	11,3 Вт	5,6 Вт	8,6 Вт	12,4 Вт
	Энергоэффективность	44,7	82,7	69,9	55,8

Итак, Nvidia Jetson TX2 – отличный вариант для тех, кому нужна система, имеющая малые габариты и потребляющая мало энергии. Как было сказано в начале, основная задача систем машинного зрения – это распознавание графической и видеоинформации. И 256-ядерный GPU, лежащий в основе платы TX2 для этих целей подходит как лучше, чем, например, система на 14-ядерном 28-поточном CPU Intel Xeon E5-2690.

Библиографический список

1. Nvidia называет модуль Jetson TX1 суперкомпьютером, который позволит наделять новое поколение роботов и дронов искусственным интеллектом [электронный ресурс]. – URL: <http://www.ixbt.com/news/2015/11/15/nvidia-jetson-tx1.html> (дата обращения – 20.09.2017).

2. NVIDIA Jetson TX2 вдвое повышает производительность приложений искусственного интеллекта в современных устройствах [электронный ресурс]. – URL: <http://www.nvidia.ru/object/NVIDIA-Jetson-TX2-blog-ru.html> (дата обращения – 26.09.2017)

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ДВУХСЛОЙНОЙ ЖИДКОСТИ В В ВИБРАЦИОННОМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЯХ

© А.В. Апарнева, Д.Ф. Белоножко, С.Е. Кокин

*Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, г. Ярославль,
Россия*

Исследуется совместное влияние вертикальных вибраций и электрического поля, индуцированного поверхностным электрическим зарядом на условия устойчивости горизонтальной границы раздела проводящей и диэлектрической жидкости.

Ключевые слова: *несмешивающиеся идеальные жидкости, вибрационное поле, устойчивость.*

Постановка задачи. Рассматриваются две несмешивающиеся идеальные несжимаемые жидкости: верхняя с плотностью ρ_1 заполняет полубесконечное пространство, нижняя с плотностью ρ_2 и толщиной d опирается на твердое плоское дно. Дно совершает вертикальные гармонические колебания с амплитудой a и частотой 2ω . Верхняя жидкость является диэлектриком, а нижняя идеальным проводником, на поверхности которого с постоянной поверхностной плотностью σ_0 распределен электрический заряд. Исследуется устойчивость малых волновых возмущений, возникающих на границе раздела благодаря тепловому движению молекул.

Математическая формулировка задачи. Используется декартова прямоугольная система координат $Oxuz$ с осью Ox , направленной горизонтально, вдоль направления распространения волнового возмущения, и осью Oz , направленной вертикально вниз, в направлении действия силы тяжести \vec{g} . Течение жидкости полагается независимым от горизонтальной координаты u .

Линеаризованная по амплитуде волнового возмущения $\xi \equiv \xi(t, x) \square \exp(ikx)$ математическая формулировка задачи расчета гидродинамических потенциалов Φ_1 и Φ_2 в верхней и нижней средах вместе с электрическим потенциалом $\varphi = -E_0 z + \varphi_1$ ($E_0 = 4\pi\sigma_0$) имеет вид [Benjamin 1954, Григорьев 2000]:

$$z < \xi: \quad \Delta\Phi_1 = 0; \quad z > \xi: \Delta\Phi_2 = 0; \quad \Delta\varphi = 0 \quad (1)$$

$$z \rightarrow \infty: \quad |\nabla\Phi_2| \rightarrow 0; \quad |\nabla\varphi_1| \rightarrow 0$$

$$z = 0: \quad \frac{\partial\xi}{\partial t} = \frac{\partial\Phi_2}{\partial z}; \quad \frac{\partial\xi}{\partial t} = \frac{\partial\Phi_1}{\partial z}; \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \rho_1 \frac{\partial\Phi_1}{\partial t} - \rho_1 \left(g - 4a\omega_0^2 \cos(2\omega_0 t) \right) \xi = \\ & = \rho_2 \frac{\partial\Phi_2}{\partial t} - \rho_2 \left(g - 4a\omega_0^2 \cos(2\omega_0 t) \right) \xi - \alpha \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + 4\pi\sigma_0^2 k \xi. \end{aligned}$$

$$z = d: \quad v = \frac{\partial\Phi_2}{\partial z} = 0; \quad (3)$$

Здесь $p_i = \rho_i \partial_t \Phi_i + \rho_i \left(g - 4a\omega^2 \cos(2\omega t) \right) \xi$ - давление в верхней (при $i = 1$) и нижней ($i = 2$) жидкостях, $\alpha \partial_{xx} \xi$ - лапласовское давление, α - коэффициент поверхностного натяжения границы раздела, $p_E = -4\pi\sigma_0^2 k \xi$ - электростатическое давление на границу раздела, t - время, k - волновое число.

Решение задачи. Из уравнения Лаплас и условия затухания поля скоростей на глубине следует, что потенциал Φ_1 пропорционален e^{kz} :

$$\frac{\partial\Phi_1}{\partial z} = k\Phi_1. \quad (4)$$

Учитывая, что возмущение границы раздела, связанное с капиллярным волновым движением, имеет вид

$$\xi = \zeta(t) e^{ikx} \quad (5)$$

и подставляя (5), (6) в кинематическое граничное условие (2), получим:

$$\Phi_1 = \frac{1}{k} \frac{\partial \xi}{\partial t}. \quad (6)$$

Гидродинамический потенциал Φ_2 нижней жидкости ищется в виде $\Phi_2 = F(z)e^{ikx}$. Подстановка этого выражения в уравнение Лапласа позволяет определить общий вид вспомогательной функции $F(z) = C_1 e^{kz} + C_2 e^{-kz}$. С учетом условия (3) получается выражение:

$$\Phi_2 = C \operatorname{Ch}(k(z+d)) e^{ikx}. \quad (7)$$

Константа c может оказаться функцией времени.

Если уравнение отклонений свободной поверхности принимать в виде (5), то из граничных условий (2) несложно получить искомую константу:

$$\frac{\partial \zeta(t)}{\partial t} = C(t) k \operatorname{Sh}(kd) \Rightarrow C(t) = \frac{1}{k} \frac{\dot{\zeta}(t)}{\operatorname{Sh}(kd)}.$$

Тогда выражение для гидродинамического потенциала примет вид

$$\Phi_2 = \frac{1}{k} \frac{\dot{\zeta}(t)}{\operatorname{Sh}(kd)} \operatorname{Ch}(k(z+d)) e^{ikx}. \quad (8)$$

С учетом (5)-(8) последнее соотношение в системе граничных условий (2) преобразуется к уравнению относительно амплитудного множителя $\zeta(t)$ при волновом возмущении свободной поверхности (5):

$$\left(\frac{\rho_2 \operatorname{cth}(kd) - \rho_1}{\rho_1 + \rho_2} \right) \frac{\partial^2 \zeta(t)}{\partial t^2} + \left(\omega_0^2 - 4ka\omega^2 \left(\frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1 + \rho_2} \right) \cos(2\omega t) \right) \zeta(t) = 0 \quad (9)$$

где $\omega_0^2 = \frac{k}{\rho_1 + \rho_2} \left[(\rho_2 - \rho_1)g + \alpha k^2 - 4\pi\sigma_0^2 k \right]$ - частота колебаний капиллярно-гравитационных волн на заряженной поверхности жидкости в отсутствии вибрации. Уравнение (9) заменой переменных $\tau = \omega t$, $q = 2ak$ сводится к уравнению Матье:

$$\left(\frac{\rho_2 \operatorname{cth}(kd) - \rho_1}{\rho_1 + \rho_2} \right) \frac{\partial^2 \zeta}{\partial \tau^2} + \left(\frac{\omega_0^2}{\omega^2} - 2q \left(\frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1 + \rho_2} \right) \cos(2\tau) \right) \zeta = 0 \quad (10)$$

Если верхняя среда более плотная ($\rho_1 > \rho_2$), то после замены $\Omega^2 = \omega_0^2 / \omega^2$, (10) сводится к уравнению для перевернутого маятника [3]

$$\frac{\partial^2 \zeta}{\partial \tau^2} + \left(-\Omega^2 - 2q \cos(2\tau) \right) \zeta = 0. \quad (11)$$

Анализ решения. Анализ решения уравнения (11) показал, что для небольших амплитудах колебаний подложки при условии $\Omega^2 < 2a^2 k^2$ в этой двухслойной системе достигается устойчивое состояние [Алдошин 2013]. В частности, тяжелая верхняя жидкость при определенной частоте вибраций может устойчиво располагаться над легкой. Этот эффект был проанализирован с точки зрения влияния на него поверхностной плотности заряда на границе раздела. Расчеты показали, что с увеличением поверхностной плотности электрического заряда частота стабилизирующих систему колебаний уменьшается.

Библиографический список

Benjamin T.B., Ursell F. The stability of the plane free surface of a liquid in a vertical periodic motion // Proc. Roy. Soc. 1954. V. A225, №1163. P. 505-515.

Григорьев А.И. Неустойчивость заряженной плоской границы раздела сред, по отношению к тангенциальному разрыву на ней, зависящего от времени поля скоростей // ЖТФ. 2000. Т. 70, №1. С. 24-26.

Алдошин Г.Т. Теория линейных и нелинейных колебаний: Учебное пособие. 2-е изд. стер. – СПб.: Изд-во «Лань». 2013. -320 с.

ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКАМИ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ПРОТЕКАНИИ ТОКА

© П.А. Белов, С.С. Занин, В.Э. Нужных

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

В статье рассматривается зависимость ЭГД устройств от электропроводящих свойств используемой жидкости, приложенного напряжения, а также от устойчивости струи жидкости, которая в свою очередь определяет дальность струи и ее распыление. Описаны основные уравнения управления потоками рабочих жидкостей.

Ключевые слова: *ЭГД, устройства распыления, потоки жидкости, электропроводящие жидкости.*

В настоящее время известны ЭГД устройства распыления, где проводником электрического тока является струя электропроводящей жидкости, служащая токопроводящим каналом, что в свою очередь является основной функциональной частью данных устройств. Их общая эффективность в значительной степени зависит от электропроводящих свойств используемой жидкости, приложенного напряжения, а также от устойчивости струи жидкости. При этом требуется учесть то, что струя жидкости может вытекать в воздушную среду, которая по плотности намного ниже, чем электропроводящая жидкость, также, расстояние, на которое требуется передать электрическую энергию может варьироваться в зависимости от условий эксплуатации и длины струи, возникающие процессы взаимодействия между током и жидкостью. Эти все факторы определяют общую дальность струи, которая в свою очередь определяет эффективность и надежность устройств, частью которой струя и является.

Следовательно задачи, изучения процессов, происходящих в электропроводящей струе, при определенном значении прикладываемого напряжения являются актуальными. Как известно, в картине истечения струи имеют место три

существенно различные фазы: а) область непрерывного истечения струи; б) область распада струи; в) область движения капельно-воздушной смеси. Область распада струи характеризуется тем, что от нее начинают отрываться капли жидкости, хотя непрерывность струи сохраняется. В завершающей фазе струя полностью состоит из капель.

Поскольку эффективность действия струи на объект зависит от длины начального участка, то, целесообразно увеличить его длину, потому что именно здесь количество отрываемых капель самое малое, и поток считается сплошным. Достоверно известно [Хайруллин И.Х., Камалов Ф.А., Афанасьев С.Б., Стишков Ю.К., 2007], что необходимым условием для протекания тока в жидкости является наличие в нем свободных заряженных частиц. Например, когда электропроводящая жидкость представляет собой раствор поваренной соли в воде, такими частицами являются положительно заряженные ионы натрия и отрицательно заряженные ионы хлора.

Основа ЭГД управления потоками рабочих жидкостей состоит из системы уравнений, включающих три физических явления: электростатику, гидродинамику и перенос зарядов в электрических полях.

В электростатике электрический потенциал U определяется уравнением Пуассона:

$$\nabla^2 U = -\frac{q}{\epsilon_0}$$

где q - плотность пространственного заряда и ϵ_0 - электрическая постоянная (система СИ).

Закон сохранения заряда записывается следующим образом:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \nabla \bar{J} = S_n$$

где S_n — источники и стоки зарядов, \bar{J} — вектор плотности электрического тока.

Гидродинамическая часть модели описывается уравнениями Навье-Стокса для несжимаемого газа. Система уравнений состоит из уравнения движения:

$$\rho \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \rho (\vec{V} \nabla) \vec{V} = -\vec{\nabla} p + \vec{F}$$

и уравнение неразрывности

$$\nabla \vec{V} = 0,$$

где ρ - плотность газа, p - давление газового потока, \vec{F} - векторное поле массовых сил.

Вышеприведенная система уравнений описывает расчетную модель, которая используется для аналитических расчетов ЭГД - потока.

Таким образом, можно сделать вывод, что при ЭГД распаде учитываются все вышеперечисленные факторы, определяющие общую дальность струи, которая в свою очередь определяет эффективность и надежность устройств, частью которой струя и является.

Библиографический список

Хайруллин И.Х., Камалов Ф.А. Электрогидродинамические процессы в струе электропроводящей жидкости при протекании тока (дата обращения 20.09.17)

Афанасьев С.Б., Стишков Ю.К. Электрофизические процессы в жидкостях и газах. – 2007. – №4. – С. 22–26.

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ПОЛИМЕРОВ

© Д.Н. Уколов, А.В. Гречишников, А.В. Будаев

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

В данной статье рассматриваются органические токопроводящие полимеры, используемые в современной электронике. Описаны их виды, физико-

химические свойства, способы их синтеза, а также возможность использования данных полимеров в электронике.

Ключевые слова: *электропроводность, органические полимеры, токопроводящие материалы.*

Традиционно принято, что металлы и сплавы являются хорошими токопроводящими материалами, а органические вещества - изоляторами. Однако существует отдельный класс органических полимеров, которые при определенных условиях могут вести себя как проводники или полупроводники. Интерес к таким материалам обусловлен их технологичностью, а также возможностью сочетать в себе свойства пластмасс (лёгкость, пластичность, гибкость) и токопроводящих материалов. Кроме того, свойства токопроводящих полимеров могут быть довольно точно отрегулированы еще на этапе их синтеза.

Существование органических проводников было предсказано еще в середине XX века на основе солей полициклических ароматических соединений. В 1963 году группа австралийских ученых представила миру йодо-легированный полипиррол [Михайлин, 2001], удельное сопротивление которого приближалось к $0,03 \text{ Ом}\cdot\text{см}$. Следующим важным шагом в исследовании токопроводящих полимеров стала открытие в 1977 году проводящих полимеров на основе полиацетилена со значением удельной проводимости около $0,001\text{—}0,01 \text{ См/м}$, что сравнимо с проводимостью полупроводников. В 2000 году уже был произведен синтез материалов с уровнем удельной проводимости 10000 См/м , а в 2003 году была разработана теория проводимости в полимерах.

Первые экспериментальные образцы токопроводящих полимеров были получены путём введения в пластмассы проводящих добавок – металлических порошков и голландской сажи. Электропроводность таких полимеров была обусловлена переносом заряда через заряженные участки в полимерной матрице. Такие образцы обладали только внешней проводимостью около 10 См/м и не обладали теми свойствами ради которых они создавались. Введение добавок в полимер увеличивало его вес в 1,5-2 раза, а стоимость возрастала в 5-6 раз.

Кроме того, повышение проводимости таких полимеров шло в ущерб оптической прозрачности, а в некоторых случаях даже ухудшало механические свойства полимеров. Поэтому возникла проблема поиска полимеров лишенных подобных недостатков.

Первым подходящим полимером стал полиацетилен, получаемый путем полимеризации обычного ацетилена C_2H_2 . Его структура образована длинными цепочками атомами углерода, связанных ковалентными связями (рисунок 1). В образовании этих связей принимают участие три из четырех валентных электрона в атоме углерода, четвертый же электрон образует так называемую кратную π -связь. Как видно на рисунке ниже, каждая вторая связь в углеродной цепочке это π -связь. В результате эти регулярно повторяющиеся связи «сопрягаются» друг с другом и образуют единую орбиталь, перекрывающую всю цепочку полиацетилена. Полученная орбиталь оказывается полностью делокализованной, а её электроны получают возможность перемещаться вдоль молекулы полимера.

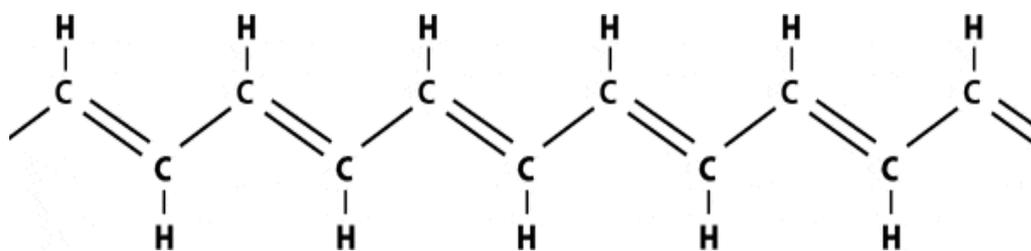


Рис. 1. Строение участка молекулы полиацетилена

Подобный нелегированный полимер является полупроводником, т.к. его сверхорбиталь заполнена электронами, а проводимость может возникнуть только при недостатке или избытке носителей заряда. Добиться этого можно введением допантов. Так например обрабатывая плёнки полиацетилена парами йода, имеющего проводимость 2 кСм/м, можно превратить полиацетилен в полупроводник p -типа. Кроме йода также используются пятифтористый мышьяк, хлор или бром. Напротив, введение щелочных металлов (более 1%) резко меняет проводимость от дырочной к металлической, величина которой зависит от коли-

чества допанта. Повысить проводимость полиацетилена можно и другим путём. Учёные из лаборатории BASF [Романенко, 2013], используя условия обеспечивающие высокую чистоту эксперимента и строгий контроль за процессом полимеризации, получили полиацетилен обладающий проводимостью около $1,5 \cdot 10^5$ См/м. Полимерные листы из допированного полиацетилена способны преобразовывать световую энергию в электрическую с КПД близким к КПД кремниевых солнечных батарей.

Другим важным полимером является полипиррол, синтезированный путем электрохимической полимеризации [Гарнье, 1989]. Молекула этого полимера состоит из двух сопряженных групп C_4H_5N (рисунок 2). Как видно на рисунке полипиррол также содержит систему сопряженных связей. В результате электрохимической обработки, заключающейся в анодном окислении мономера пиррола, получают тонкие плёнки легированного полипиррола. Таким путем получают полипиррольные электроды, которые могут использоваться в аккумуляторных батареях. Кроме того, можно изготавливать пластины прессованием порошка полипиррола, полученного полимеризацией в спиртовом растворе хлорида железа (II). Проводимость такого полимера составляет порядка 200 См/м. Для её повышения прибегают к допированию полимера различными допантами при помощи электрохимического метода. В результате химического взаимодействия с донорами электронов или акцепторами электронов проводимость указанных выше полимеров с сопряженными двойными связями может достигать проводимости ртути (около 1 МСм/м). Однако и данный полимер имеет свои недостатки. Несмотря на то, что полипиррол обладает большей химической устойчивостью, чем полиацетилен, он все таки нерастворим. Другим его важным недостатком является большое количество структурных дефектов, получаемых в процессе полимеризации.

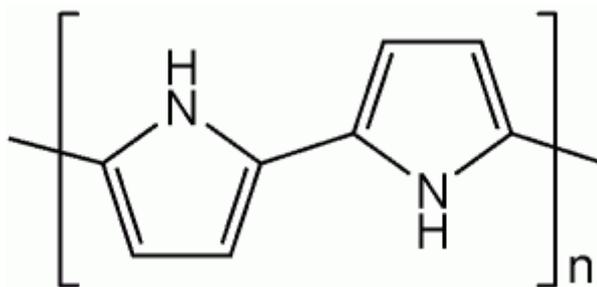


Рис. 2. Строение полипиррола

Кроме того стоит обратить внимание на такие полимеры как политиофен и полифуран. Несмотря на их небольшую проводимость в нелегированном состоянии (порядка 10 См/м) эти полимеры обладают высокой химической стойкостью и отличными механическими свойствами.

Проводящие полимеры могут найти применение в различных областях промышленности. Первое коммерческое применение данные материалы получили в производстве аккумуляторных батарей. Положительный электрод в них изготавливается из политиофена, полианилина или полипиррола. Отрицательный - из лития либо его сплавов. Использование таких электродов считается менее опасным и более удобным. Полимерные плёнки также могут быть использованы при производстве хемотронных и сенсорных устройств. Уже сегодня существуют роботы, при создании которых активно используются проводящие полимеры, в частности, полипирролы. Данные роботы предназначены для работы в токопроводящих жидкостях (соляные растворы или даже кровь человека), где металлические роботы быстро бы окислялись. Другая область применения проводящих полимеров – антенная техника. Их можно использовать в качестве покрытия волноводов или рупоров. Однако существуют и более бытовые варианты применения токопроводящих полимеров. Они используются как покрытия для поверхностей печатных плат, в качестве антикоррозийного покрытия. На их основе изготавливаются телевизоры, радиоустройства, компьютерные мониторы, панели приборов автомобиля, солнечные батареи, мобильные телефоны

Библиографический список

Гарнье. Ф. Проводящие полимеры // Успехи физических наук. – 1989. – Т. 157. -№3. – 2 с.

Михайлин Ю. А. Электропроводящие полимеры и их применение // Полимерные Материалы. – 2001. - №9(28). – 2 с.

Романенко А.И. Электронные транспортные свойства электропроводящих полимеров и композитов на их основе. Н.: Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения академии наук, 2013. – 21 с.

ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ МИКРОКАПСУЛИРОВАННОЙ В «EUDRAGIT®L100» ФОРМЫ N-(4-ГИДРОКСИФЕНИЛ)АЦЕТАМИДА

© Е.В. Грехнёва, В.Л. Белоконь

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

Получены микрокапсулы N-(4-гидроксифенил)ацетамида в «Eudragit®L100». Подобраны оптимальные условия проведения процесса микрокапсулирования. Осуществлен качественный и количественный анализ полученного продукта методами ИК- и УФ-спектроскопии. Изучена кинетика высвобождения N-(4-гидроксифенил)ацетамида из микрокапсул в водно-щелочную среду.

Ключевые слова: микрокапсулирование, парацетамол, «Eudragit®L100», кинетика высвобождения.

Разработка лекарственных препаратов пролонгированного действия является одним из перспективных направлений в фармакологии. Препараты про-

лонгированного действия позволяют решать ряд проблем, связанных с непродолжительностью нахождения лекарственного вещества в организме, а, следовательно, невозможностью создания в крови и тканях равномерной терапевтической концентрации действующего вещества в течение длительного времени. Получение препаратов пролонгированного действия осуществляется либо созданием принципиально новых субстанций, либо путем разработки новых лекарственных форм, обеспечивающих оптимальную терапевтическую эффективность, уже существующих и хорошо зарекомендовавших себя лекарственных веществ. Среди современных лекарственных форм особое место занимают микрокапсулы.

Микрокапсулирование открывает интересные возможности при использовании ряда лекарственных веществ, которые нельзя реализовать в обычных лекарственных формах. Это обусловлено приданием препарату новых свойств, таких как маскировка вкуса горьких и тошнотворных лекарств, уменьшение необходимой для достижения лечебного эффекта дозы, а также увеличение продолжительности высвобождения лекарств и биологически активных веществ (БАВ) из микрокапсул и, как следствие, увеличение продолжительности действия лекарственного препарата [Грехнёва Е.В., Кудрявцева Т.Н. 2013; Маркович Ю.Д. 2010].

Нами была исследована возможность создания готовых лекарственных форм на основе N-(4-гидроксифенил)ацетамида путем инкапсулирования его в оболочку из сополимера метилметакрилата и метакриловой кислоты.

В качестве инкапсулируемого соединения был выбран N-(4-гидроксифенил)ацетамид (парацетамол) — лекарственное средство, ненаркотический анальгетик, оказывающий обезболивающее и жаропонижающее действие и обладающий слабыми противовоспалительными свойствами.

В качестве полимерной оболочки был выбран «Eudragit®L100», представляющий собой сополимер сложных эфиров акриловой и метакриловой кислоты. Такие полимеры широко используются в медицине для создания различных готовых лекарственных форм (различных пленок, мазей, оболочек для

микрокапсул), поскольку они являются биосовместимыми и, кроме того, варьируя соотношение в полимере карбоксильных и сложноэфирных групп, можно изменять их способность растворяться различных участках желудочно-кишечного тракта, высвобождая БАВ [Мустафин Р.И. 2014].

Микрокапсулирование проводилось физико-химическим методом, который состоит в переосаждении полимера на поверхности капсулируемого вещества путем замены растворителя [Маркович Ю.Д. 2010]. Диспергирование системы осуществляли перемешиванием на магнитной мешалке.

Капсулирование N-(4-гидроксифенил)ацетамида включало в себя следующие стадии: диспергирование инкапсулируемого вещества в воде с добавлением поверхностно-активного вещества, приготовление раствора полимера в органическом растворителе, постепенное и поочередное прибавление раствора полимера и раствора ПАВ к водной дисперсии БАВ. Такой прием позволяет получить дисперсию микрокапсул, отличающуюся высокой устойчивостью к седиментации, что косвенно подтверждает получение капсул малого размера. Такая устойчивость получаемой водной дисперсии капсул не может быть достигнута при традиционном постепенном прибавлении раствора полимера к суспензии БАВ в растворе ПАВ. Образовавшиеся микрокапсулы отфильтровывали на фильтре Шота (пор 16) и сушили на воздухе.

Полученные микрокапсулы анализировали методом инфракрасной спектроскопии с использованием ИК Фурье-спектрометра ФСМ 1201, оснащенного приставкой нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). ИК-спектры пропускания исходных веществ (полимера и N-(4-гидроксифенил)ацетамида) снимали в таблетке KBr. Нами установлено, что в полученных в описанных условиях микрокапсулах частицы N-(4-гидроксифенил)ацетамида полностью покрыты полимерной оболочкой.

Количественный анализ содержания N-(4-гидроксифенил)ацетамида в полученных микрокапсулах осуществляли методом УФ спектроскопии на спектрофотометре Shimadzu UV 1800. Этим же методом изучали кинетику выхода БАВ из микрокапсулированных продуктов в водный раствор.

После получения микрокапсул была изучена кинетика высвобождения N-(4-гидроксифенил)ацетамида из микрокапсул в водно-щелочную среду, моделирующую среду кишечника. При этом установлено, что высвобождение N-(4-гидроксифенил)ацетамида из полученных нами микрокапсул происходит в течение весьма продолжительного времени (не менее суток).

Таким образом, нами экспериментально выявлены оптимальные условия, позволяющие попеременным чередованием раствора полимера и раствора ПАВ получать дисперсии микрокапсул N-(4-гидроксифенил)ацетамида в полимере «Eudragit®L100», обладающие высокой седиментационной устойчивостью. Такие высокоустойчивые дисперсии могут найти применение для получения готовых лекарственных форм в виде сиропов и микстур, а выделенные из них микрокапсулы могут быть использованы для получения готовых лекарственных форм в виде таблеток и порошков для приготовления растворов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 4.9516.2017/БЧ).

Библиографический список

Грехнёва Е.В., Кудрявцева Т.Н. Особенности микрокапсулирования некоторых лекарственных препаратов в альгинат натрия [Текст]// Е.В. Грехнёва, Т.Н. Кудрявцева, - Электронный научный журнал Курского государственного университета, Курск: КГУ. - 2014. № 3

Маркович Ю.Д., Грехнева Е.В., Ефанов С.А. Выбор растворителя для процесса микрокапсулирования производных акридонна // Известия Курск. гос. техн. ун-та. - 2010.- №1(30). с.23-27.

Мустафин Р.И., Рубцова Е.В., Ситенков А.Ю., Буховец А.В., Семина И.И. Сравнительное физико-химическое и фармацевтическое исследование поликомплексных носителей на основе сополимеров EUDRAGIT® EPO И EUDRAGIT® L 100-55 // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12–6. – с. 1231-1236

ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ОФТАЛЬМОЛОГИИ НА ОСНОВЕ НА ОСНОВЕ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ

© И.В. Локтионова¹, Е.В. Грехнева¹, Т.Н. Кудрявцева¹,
Д.М. Ярмамедов²

¹ Курский государственный университет Курск, Россия

² Курский государственный медицинский университет Курск, Россия

Рассмотрена возможность получения антибактериальных пленок пролонгированного действия для офтальмологии на основе карбоксиметилцеллюлозы.

Ключевые слова: полимерные пленки, карбоксиметилцеллюлоза, офлоксацин.

Глазные лекарственные плёнки являются оригинальным решением проблемы пролонгирования и точного дозирования глазных лекарственных средств. Они обладают рядом преимуществ перед другими лекарственными формами, применяемыми в офтальмологии. Прежде всего - это точное контролируемое дозирование и пролонгированное лекарственное воздействие. Также ГЛП уменьшают токсичность лекарственных средств, лучше сохраняют естественную защитную пленку роговицы и обеспечивают высокую терапевтическую эффективность при введении 1 раз в сутки [Патент 2173178].

Целью данной работы является получение глазных лекарственных пленок для офтальмологии, применяемых для лечения глазных заболеваний, с различной скоростью выхода офлоксацина, как действующего вещества.

Для получения лекарственных пленок в качестве пленкообразователя применяли кристаллическую натриевую соль карбоксиметил-целлюлозы, в качестве антибиотика использовали 0,2% раствор офлоксацина, его содержание в готовой пленке составляло 1% от массы полимера. Для увеличения продолжи-

тельности растворения получаемой пленки использовали способ, описанный в работе [Пат. 2 509 784].

Полученные нами пленки представляют собой полупрозрачные плотные образцы, способные при контакте с водой, слезной жидкостью или конъюнктивной глаза постепенно растворяться, причем продолжительность растворения полимерной основы может регулироваться путем специальной обработки на стадии получения полимерной композиции [Перцев И.М. 1999].

Такие пленки могут иметь различную толщину. Чем толще пленка, тем медленнее происходит ее рассасывание под действием слезной жидкости. В среднем скорость растворения может варьироваться от 1 суток до 2 недель.

Кинетику выхода офлоксацина из пленок проводили следующим образом: полученные ГЛП, предварительно взвешенные на технических весах, разделяли на две части, одну из которых помещали в стакан с 25 см³ дистиллированной воды, а другую - с 25 см³ модельной слезной жидкости, для приготовления которой использовали 0,3% ГПМЦ, кристаллический NaCl, NaH₂PO₄*2H₂O и 0,01М ЭДТА.

Через определенные промежутки времени отбирали по 0,5 см³ каждой пробы и растворяли в 5 см³ дистиллированной воды. Далее измеряли оптическую плотность каждого раствора. После чего рассчитывали концентрацию офлоксацина в полученных растворах по предварительно снятому УФ-спектру и построенному на его основе градуировочному графику.

Установлено, что концентрация офлоксацина в растворе равномерно возрастает по мере растворения глазной лекарственной пленки. Это свидетельствует о том, что концентрация лекарственного вещества может поддерживаться постоянной в течение длительного времени в зависимости от толщины пленки и способности ее к растворению.

Таким образом, нами предлагается линейка офтальмологических пленок различной толщины, с различной концентрацией действующего вещества для лечения воспалительных заболеваний глаза, травматических повреждений, трофических нарушений, химических ожогов. В зависимости от тяжести забо-

левания, возраста и общего состояния пациента специалистом может подбираться оптимальная пленка для наиболее эффективного лечения

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 4.9516.2017/БЧ).

Библиографический список

Пат. 2 509 784 РФ. Способ получения пористых, пленочных материалов на основе карбоксиметилцеллюлозы. // В.А. Жуковский, В.Е. Немилов; Опубл. :20.03.2014.

Патент 2173178 РФ. Глазная пленка // М.Т. Азнабаев; В.К. Суркова; З.А. Даутова; Н.Н. Сигаева; О.В. Артамонова. Опубл. 10.09.2001.

Перцев И.М., Зупанц И.А. Фармацевтические и медико-биологические аспекты лекарств. Том 2. [Текст] / И. М. Перцев, И. А. Зупанц. – Харьков: Издательство НФАУ1999. -1999.- С.368-370.

АРИЛИДЕНГИДРАЗИДЫ6Н-ИНДОЛ[2,3-*b*]-ХИНОКСАЛИН-3-КАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ. СИНТЕЗ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

© М.А. Власюк, Т.Н. Кудрявцева

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

*В статье описывается процесс получения 6Н-индол[2,3-*b*]-хиноксалин-3-карбоновой кислоты и таких её производных, как сложные эфиры, гидразиды и арилиденгидразиды.*

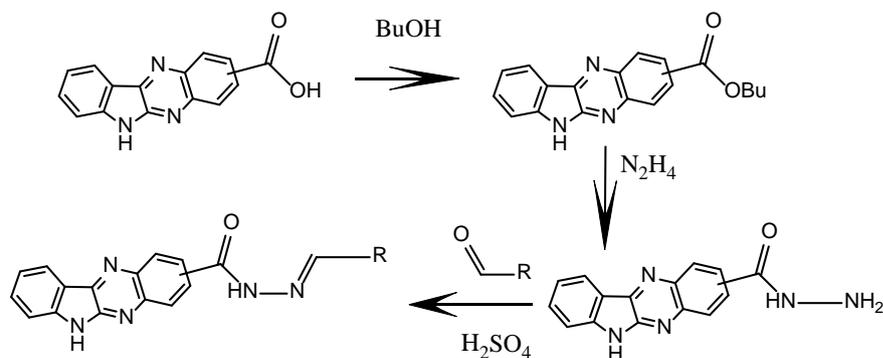
Ключевые слова: *индолхиноксалин, арилиденгидразид.*

Производные 6Н-индол[2,3-б]хиноксалина в настоящее время активно изучаются в качестве биологически активных соединений. В этом ряду найдены соединения, обладающие антибактериальным, противогрибковым, противоопухолевым действием, основанным на их способности к интеркаляции в молекулы ДНК [Пат. 2369609].

Поэтому поиск новых биологически активных соединений в ряду 6Н-индол[2,3-б]хиноксалина является важной задачей и представляет значительный практический интерес.

В продолжение наших исследований по синтезу производных 6Н-индол[2,3-б]хиноксалина [Кометиани И.Б. 2013; Кудрявцева Т.Н. 2017] нами был получен ряд арилиденгидразидов 6Н-индол[2,3-б]-хиноксалин-3-карбоновой кислоты.

Состав и структуру веществ подтверждали методами ИК-спектроскопии (ИК-Фурье спектрометр ФСМ 1201, фирмы Мониторинг, таблетки в KBr), хромато-масс-спектрометрии (система ACQUITY UPLC H-Class с УФ/масс-детекторами ACQUITY SQD компании Waters), температуру плавления определяли при помощи прибора Electrothermal IA 9100.

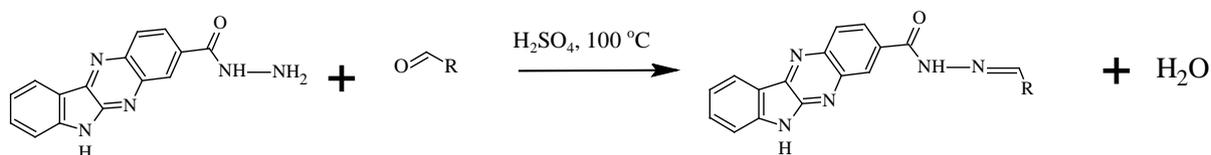


Исходную 6Н-индол[2,3-б]-хиноксалин-3-карбоновую кислоту получали путем конденсации 3,4-диаминобензойной кислоты с изатином. С целью получения чистого продукта нами были проведены синтезы 6Н-индол[2,3-б]-хиноксалин-3-карбоновой кислоты из различных растворителей, таких как: 1,4-диоксан, диметилсульфоксид, диметилформамид и ледяная уксусная кислота. Согласно данным хромато-масс-спектрометрии все продукты реакций содержали два изомера целевой кислоты.

Сложные эфиры 6Н-индол[2,3-б]-хиноксалин-3-карбоновой кислоты синтезировали путем этерификации 6Н-индол[2,3-б]-хиноксалин-3-карбоновой кислоты. В частности, были получены метиловый и бутиловый эфиры 6Н-индол[2,3-б]-хиноксалин-3-карбоновой кислоты. Было установлено, что бутиловый спирт легче вступает в реакцию с кислотой, образует меньше примесей и, как следствие, сокращается время реакции.

Гидразид 6Н-индол[2,3-б]-хиноксалин-3-карбоновой кислоты получали путем гидразинолиза сложного эфира 6Н-индол[2,3-б]-хиноксалин-3-карбоновой кислоты. Были предприняты попытки синтеза из разных растворителей, таких как 1,4-диоксан, н-бутанол, диметилформамид и диметилсульфоксид. Было выяснено, что наиболее предпочтительным является проведение реакции в среде диметилсульфоксида. Также эмпирическим путем было выяснено, что для наиболее полного протекания необходим 10-ти кратный мольный избыток гидразин-гидрата. В результате был получен целевой продукт количественным выходом.

Синтез целевых арилиденгидразидов проводили путем конденсации гидразида ИХКК с различными ароматическими альдегидами.



Все соединения были выделены с высокой степенью чистоты (97,0-99,9% по данным ВЭЖХ). Согласно прогнозу биологической активности при помощи программы Pass Online синтезированные нами соединения могут обладать противоопухолевой, противотуберкулезной и противомикробной активностью.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 4.9516.2017/БЧ).

Библиографический список

Пат. 2369609 РФ. Алкилзамещенные индолхиноксалины / Я.Бергман, Р.Энгквист, Б. Гердин, И. Килстром, У. Бьерклунд. Дата публикации заявки. 27.07.2008, опуб.10.10.2009 -Бюллетень № 28.

*Кометиани И. Б., Кобыльской С. Г., Кудрявцева Т. Н. Аммонолиз бутил-2-(6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалинил)ацетата аминополиолами // Ученые записки: электронный Научный журнал Курского государственного университета . 2013. № 3 (27). Том 2. URL: <http://www.scientific-notes.ru/pdf/032-015.pdf>.*

*Кудрявцева Т.Н., Сысоев П. И., Кометиани И. Б., Рида Р.С.А., Климова Л. Г. .Синтез 2-(6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалин-6-ил)-1-фенилэтанона и особенности его взаимодействия с некоторыми азотистыми основаниями // AUDITORIUM. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2017. № 2 (14). URL: <http://auditorium.kursksu.ru/pdf/014-002.pdf>.*

ВОЗМОЖНОСТИ N-АЛКИЛИРОВАНИЯ И N-АЦИЛИРОВАНИЯ 6Н-ИНДОЛО[2,3-В]ХИНОКСАЛИНА ХЛОРАЦЕТИЛХЛОРИДОМ

© Т.Н. Кудрявцева, П.И. Сысоев, Н.В.Данилова

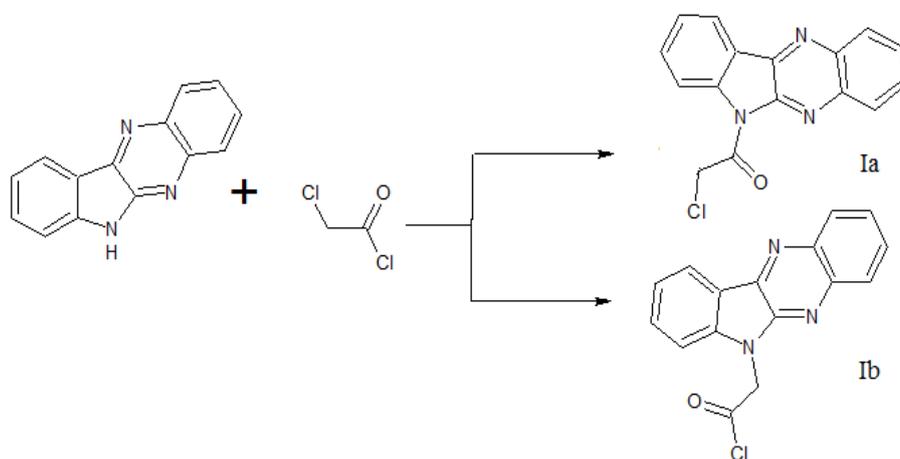
Курский государственный университет, г.Курск, Россия

*Исследована взаимодействие 6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалина хлорацетилхлоридом. Показана возможность протекания как N-алкилирования так и N-ацилирования исследуемого соединения.*

Ключевые слова: *6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалин, N-алкилирование, хлорацетилхлорид, N-ацилирование, квантово-химический расчет.*

Реакции N-алкилирования и N-ацилирования органических соединений, в том числе азотсодержащих гетероциклов, является одним из методов функционализации, позволяющей вводить новые фармакофорные группы в известные молекулы и таким образом получать новые лекарственные вещества [Ameen Ali Abu-Hashem 2015].

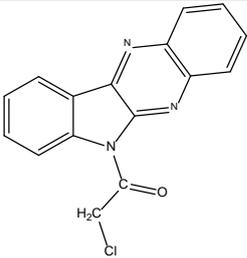
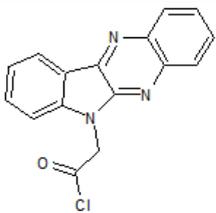
Соединения, образующиеся в результате реакции азотистых оснований с галогенангидридами α -замещенных карбоновых кислот лежат в основе синтеза целого ряда биологически активных соединений [Dwivedi Amit 2014]. Молекула хлорацетилхлорида содержит два атома хлора, поэтому замещение может происходить у sp^3 -гибридизованного и sp^2 -гибридизованного атома углерода:



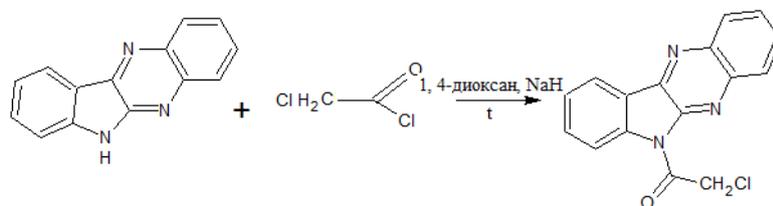
Для выяснения направления реакции 6H-индоло[2,3-b]хиноксалина с хлорангидридом монохлоруксусной кислоты, были проведены квантово - химические расчеты для молекулы продукта ацилирования и алкилирования 6H-индоло[2,3-b]хиноксалина в газовой фазе (программа GaussView 5.0) [Бутырская Е.В. 2011]. Расчеты производили при помощи метода функционала плотности (DFT), параметризации B3LYP и базиса STO 6-31G(d). Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Как видно из представленных расчетов, процессы алкилирования и ацилирования 6H-индоло[2,3-b]хиноксалина хлорацетилхлоридом равновероятны.

Таблица 1. Результаты квантово-химических расчетов

Структурная формула	ΔH , Дж/моль	ΔG , Дж/моль	μ , D
<p>Ia</p> 	$6,3 \cdot 10^5$	$4,7 \cdot 10^5$	0,08
<p>Ib</p> 	$6,1 \cdot 10^5$	$4,4 \cdot 10^5$	6,3

Нами была проведена реакция 6H-индоло[2,3-*b*]хиноксалина с хлорацетил-гидридом монохлоруксусной кислоты в среде различных растворителей: ДМФА, 1,4-диоксан, ТГФ. Обнаружено, что наиболее подходящим растворителем, обеспечивающим минимальное количество примесей, является 1,4-диоксана, выход продукта реакции составил 75,3%:



Методом хромато-масс-спектрометрии было установлено наличие в смеси двух соединений, с молекулярными ионами $m/z=278$ и $m/z=296$. Такие значения M^+ соответствуют соединениям с брутто-формулами $C_{16}H_{11}N_3O_2$ и $C_{16}H_{10}ClN_3O$. Можно предположить, что молекулярному иону с $m/z=278$ соответствует 2-(6H-индоло[2,3-*b*]хиноксалин-6-ил)уксусной кислоты, которая находится в смеси в незначительном количестве (3,5%). Основным продуктом реакции является 2-хлоро-1-(6H-индоло[2,3-*b*]хиноксалин-6-ил)этан-1-он. Это свидетельствует о том, что реакция 6H-индоло[2,3-*b*]хиноксалина с хлораце-

тилхлоридом может протекать в направлении ацилирования и алкилирования атома азота индольного цикла.

Таким образом, на основании квантово-химических расчетов обосновано, что реакция 6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалина с хлорацетилхлоридом может протекать по двум направлениям: ацилирования и алкилирования. Экспериментально показана возможность взаимодействия 6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалина с хлорацетилхлоридом в среде различных растворителей и сделано предположение, что основным продуктом реакции является 2-хлоро-1-(6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалин-бил)этан-1-он.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 4.9516.2017/БЧ).

Библиографический список

Бутырская Е.В. Компьютерная химия: основы теории и работа с программами Gaussian и GaussView. М.: Солон-Пресс. – 2011. – С. 32-35, 48-50, 100-108.

Ameen Ali Abu-Hashem. Synthesis, Reactions and Biological Activity of Quinoxaline Derivatives. // American Journal of Organic Chemistry – 2015 - №5(1) – С.14-56

Dwivedi Amit, Singhi Anshu, Mishra Anil. Microwave assisted synthesis of some quinoxaline derivatives // Chemical Science Transactions – 2014 - №3(1) – С.465-469.

СИНТЕЗ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 6-Н-ИНДОЛО-[2,3-*b*]ХИНОКСАЛИНА

© В.Э. Мельниченко¹, И.Б. Кометиани¹, Л.Г.Климова²

¹Курский государственный университет, г. Курск, Россия

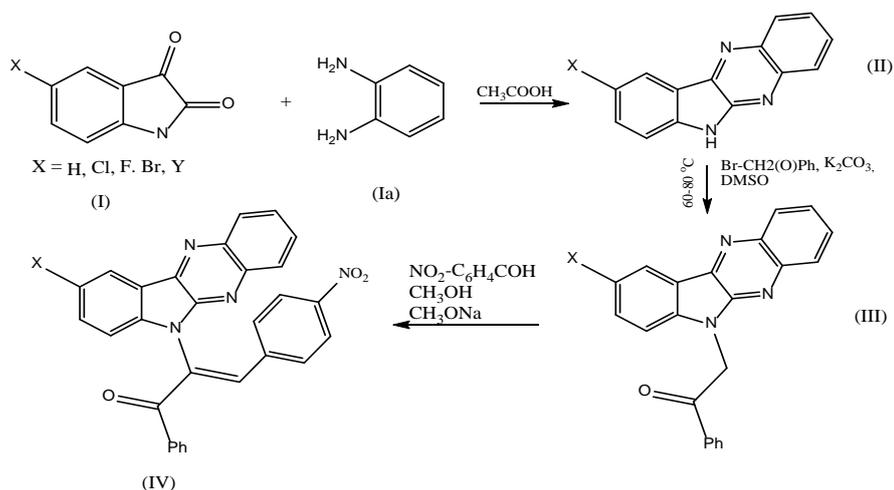
² Курский государственный медицинский университет, г. Курск, Россия

*Рассмотрен способ получения новых производных, 6Н-индол[2,3-*b*]хиноксалина, а так же их предполагаемая биологическая активность.*

Ключевые слова: *6Н-индол[2,3-*b*]хиноксалин, биологическая активность.*

Повышение резистентности некоторых форм микроорганизмов к известным препаратам ставит задачу поиска новых антибактериальных препаратов. Так же становится актуальным поиск новых соединений, обладающих следующими видами биологической активности: противогрибковой, противоопухолевой, противовоспалительной. Поэтому производные 6Н-индол[2,3-*b*]хиноксалина привлекают внимание исследователей, активность которого основана на способности интеркаляции в молекулы ДНК [Wamberg M. С. 2006; Кудрявцева Т.Н. 2017].

Новые производные 6Н-индол[2,3-*b*]хиноксалина, предположительно обладающих биологической активностью, были получены следующим образом. Замещенный в пятом положении изатин (I) кипятили с *o*-фенилендиамином (Ia) в среде ледяной уксусной кислоты. Полученный замещенный индолхиноксалин (II) алкилировали бромацетофеноном в присутствии поташа. Реакцией полученного кетона (III), в метиловом спирте, в присутствии метилата натрия, с 4-нитробензальдегидом получали девять замещенный 2-(6Н-индоло[2,3-*b*]хиноксалин-6-ил)-3-(4-нитрофенил)-1-фенилпроп-2-ен-1-он (IV).



Биологическую активность полученных соединений (IV) прогнозировали при помощи программного ресурса PASS. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Прогноз биологической активности синтезированных соединений, полученный при помощи программы Pass

Соединение	Активность
	Детоксирующая; Против ожирения; Противораковая
	Детоксирующая; Ингибитор алкилглицеронфосфат-синтазы; Противораковая
	Сосудорасширяющая; Повышение транскрипции Противораковая; Антипротозойная (Амеба)
	Сосудорасширяющая; Антиоксидантная; Противоопухолевый (рак поджелудочной железы);
	Сосудорасширяющая; Противоопухолевый (рак поджелудочной железы); радиосенсибилизирующее вещество

Таким образом, на основании полученного прогноза можно заключить, что синтезированные нами соединения представляют интерес для дальнейшего получения лекарственных средств.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 4.9516.2017/БЧ).

Библиографический список

M. C. Wamberg, A. A. Hassan, A. D. Bond, E. B. Pedersen Intercalating nucleic acids (INAs) containing insertions of 6H-indolo[2,3-b]quinoxaline // Tetrahedron, 2006, №62, P. 11187–11199.

Т.Н. Кудрявцева, Н.В. Данилова, В.Э. Мельниченко, М.А. Власюк, Р.С.А. Рида, П.И. Сысоев, Л.Г. Климова. Некоторые новые производные 6-н-индоло-[2,3-б]хиноксалина. Синтез и биологическая активность // Иновационные наукоемкие технологии. – 2017. – С. 123.

ПРИМЕНЕНИЕ АЦЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ

© Е.В. Грехнёва, С.В. Орлова, И.Б. Кометиани

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

Исследована возможность микрокапсулирования ряда лекарственных соединений в оболочку из ацетилцеллюлозы. Изучена скорость высвобождения инкапсулированных препаратов из полимерной оболочки в раствор.

Ключевые слова: *микрокапсулирование, ацетилцеллюлоза, лекарственные вещества, пролонгированное действие.*

Разработка лекарственных препаратов (ЛП), способных осуществлять адресную доставку лекарственного вещества (ЛВ) в организм пациента, является важнейшей задачей современной фармации. Как правило, такие лекарственные препараты обеспечивают пролонгированное действие ЛВ и направлены на повышение его терапевтической эффективности, а также на уменьшение риска возникновения нежелательных реакций. Придать лекарственному препарату новые свойства возможно посредством одного из наиболее интенсивно развивающихся направлений в медицине и других химических отраслях промышленности – микрокапсулирования [Грехнева Е.В. 2016; Леонова М.В. 2009].

Нами были получены микрокапсулы селексена, арбидола и пропифеназона в ацетилцеллюлозе (АЦ) и исследована кинетика их высвобождения из полимерной оболочки. Выбор полимера обусловлен широким использованием ацетилцеллюлозы (АЦ) в фармацевтической промышленности и в медицине. Ее применение в качестве полимера для микрокапсулирования, обусловлено не токсичностью, как самого полимера, так и продуктов его распада, а так же способностью АЦ образовывать прочные полупроницаемые пленки.

Селексен относится к биологически активным добавкам, является поставщиком в организм микроэлемента селена, за счет чего проявляет антиоксидантные свойства. Препарат арбидол относится к группе противовирусных и иммуномодулирующих лекарственных средств, широко распространен на рынке России. Препарат пропифеназон входит в состав комбинированных препаратов на основе парацетамола: «БОЛ-РАН® ПРЕМИУМ», «Каффетин», «Пенталгин», «Пенталгин Плюс», «Новалгин» и т.д., обладает анальгетическим, антипиретическим и антиинфламаторным (противовоспалительным) действием. Микрокапсулированием данных препаратов можно добиться получения их новых лекарственных форм, обладающих продолжительным действием, что позволит уменьшить число приемов таких препаратов и повысить их биодоступность.

Микрокапсулирование проводилось физико-химическим методом, который состоит в переосаждении полимера на поверхности капсулируемого веще-

ства путем замены растворителя. Диспергирование системы осуществляли перемешиванием на магнитной мешалке или при помощи ультразвукового диспергатора.

Качественный анализ микрокапсул проводился методом ИК-спектроскопии с использованием приставки МНПВО (многократного нарушенного полного внутреннего отражения). Количественный анализ содержания инкапсулируемого препарата в микрокапсулах осуществлялся методом градуировочного графика на спектрофотометре УФ/видимой области спектра UV-1800 фирмы «Shimadzu» [Грехнева Е.В. 2016]. Этим же методом изучалась кинетика выхода биологически активного вещества (БАВ) из микрокапсулированных продуктов. Скорость высвобождения БАВ оценивали *in vitro*.

Кинетику высвобождения селексена из ацетилцеллюлозы изучали в смеси октанол-1 – этанол (в объемном соотношении 1:10), поскольку октанол-1 имеет формальное сходство с липидами. Высвобождение селексена из капсул наблюдали за счет появления в растворе элементарного селена. Селен в смеси октанол-этанол образует золь, который имеет окраску от желтого до красно-коричневого цвета; максимум поглощения такого золя лежит при длине волны 380 нм. Графическая зависимость кинетики высвобождения селексена из микрокапсулы представлена на рис 1.

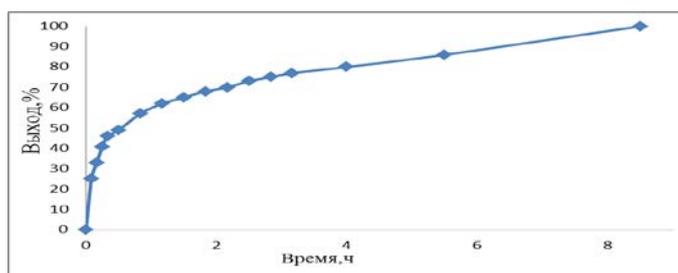


Рис. 1. Кинетика высвобождения селексена из микрокапсул

Время полного перехода селексена из капсулы в раствор составляет около 8 ч.

Кинетика высвобождения арбидола из АЦ была изучена в водной среде при длинах волн 315 и 258 нм. Графическая зависимость высвобождения арбидола из ацетилцеллюлозы представлена на рис 2.

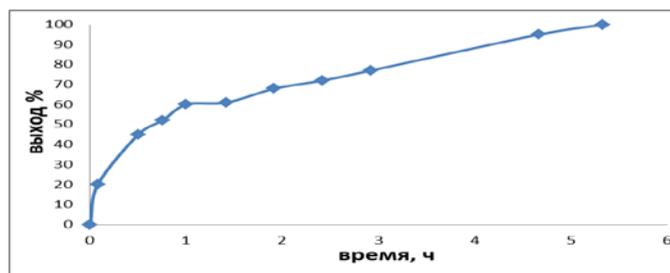


Рис . 2. Кинетика высвобождения арбидола из микрокапсул

Как видно из представленного графика, время практически полного выхода арбидола из капсул составляет 5,5 ч.

Кинетика высвобождения пропифеназона из оболочки была изучена в этанольной среде при длине волны 266 нм. Оболочка капсулы из ацетилцеллюлозы обеспечивает выход пропифеназона в течение 75 часов. Кинетика высвобождения пропифеназона представлена графически на рис 3.

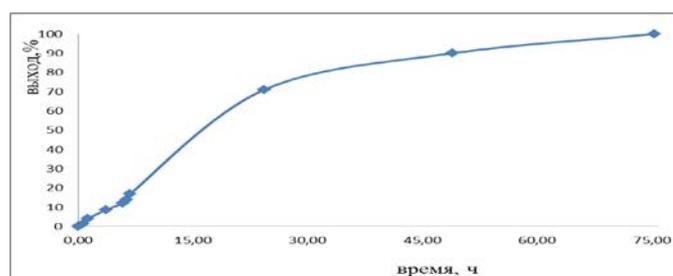


Рис. 3. Кинетика высвобождения пропифеназона

В таблице 1 представлены экспериментально полученные данные времени выхода 70% инкапсулируемого вещества из ацетилцеллюлозы капсулы и значения коэффициента липофильности (lgP) исследуемых нами соединений, рассчитанные в программе Chem Bio Draw ultra 11.0.1.

Таблица 1. Влияние липофильности исследованных БАВ на продолжительность их высвобождения из капсул

Исследуемое БАВ	Время выхода 70 % инкапсулируемого БАВ из капсулы, ч	Рассчитанное значение коэффициента липофильности, lgP *
Селексен	2	5,96
Арбидол	3	4,34
Пропифеназон	25	2,11

$$* \lg P = \lg \frac{[\text{БАВ в октанолe}]}{[\text{БАВ в воде}]}$$

На основании полученных данных предварительно можно заключить, что чем выше коэффициент липофильности, тем быстрее вещество выходит из капсулы. Однако, это утверждение требует дополнительной проверки.

Таким образом, на примере модельных соединений нами показано, что микрокапсулируемые БАВ в ацетилцеллюлозу позволяют значительно замедлить высвобождение БАВ из микрокапсулы, что в свою очередь может служить основой для разработки лекарственной системы пролонгированного действия.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 4.9516.2017/БЧ).

Библиографический список

Грехнева Е.В. Белоконь В.Л. Орлова С.В. Микрокапсулирование биологически активных веществ в водонерастворимые полимеры // Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета. -2016. -№ 2. –С. 10.

Леонова М.В. Новые лекарственные формы и системы доставки лекарственных средств: особенности пероральных лекарственных форм // Лечебное дело. - 2009. №2. -С. 21.

СИНТЕЗ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ
2-(2-(9-ОКСОАКРИДИН-10(9Н)-
ИЛ)АЦЕТИЛ)ГИДРАЗИНКАРБОТИОАМИДА И НЕКОТОРЫХ ЕГО
ПРОИЗВОДНЫХ

© Т. Ю. Рязанцева¹, Т. Н. Кудрявцева¹, П. И. Сысоев¹,
Л. Г. Климова²

¹*Курский государственный университет, г. Курск, Россия*

²*Курский государственный медицинский университет, г. Курск, Россия*

Рассмотрены возможности синтеза -(2-(9-оксоакридин-10(9Н)-ил)ацетил)гидразинкарботиоамида из гидразида акридонуксусной кислоты и его циклизации с образованием пятичленных гетероциклов.

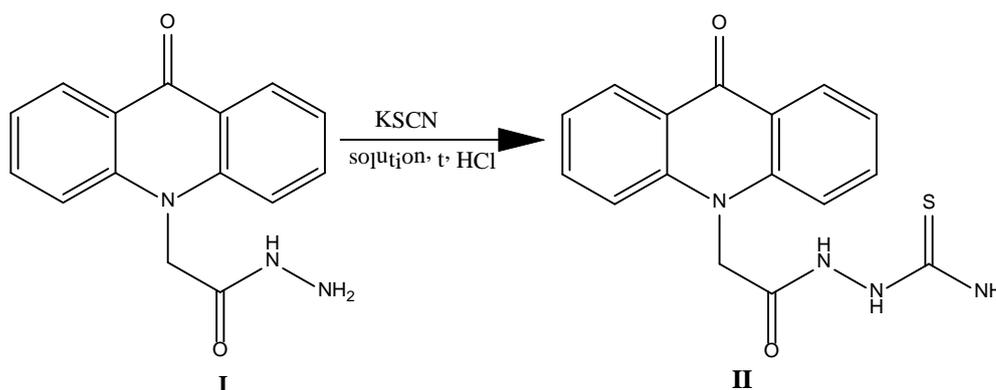
Ключевые слова: *гидразид акридонуксусной кислоты, гидразинкарботиоамид, тиоцианат калия, циклизация*

Поиск новых лекарственных средств является одной из важнейших задач, обусловленных появлением новых форм возбудителей инфекционных болезней человека и животных, устойчивых к действию имеющихся в распоряжении врачей лекарств, и поиском новых, более эффективных препаратов.

Производные акридонуксусной кислоты обладают широким спектром биологической активности, а именно: противовоспалительным, противоопухолевым, противовирусным, иммуномодулирующим и антибактериальным действием. Поэтому в этом ряду могут быть найдены новые эффективные лекарственные вещества [Сысоев П.И. 2015].

Одним из способов функционализации органических соединений является синтез гидразинкарботиоамидов, которые могут выступать как самостоятельные лекарственные средства, так и в качестве исходных соединений для синтеза биологически активных соединений [Alaa A. Hassan, Ahmed M. Shawky 2011].

Нами был осуществлен синтез 2-(2-(9-оксоакридин-10(9H)-ил)ацетил)гидразинкарботиоамида (II) на основе гидразида акридонуксусной кислоты (AУК) (I) и тиоцианата (роданида) калия:



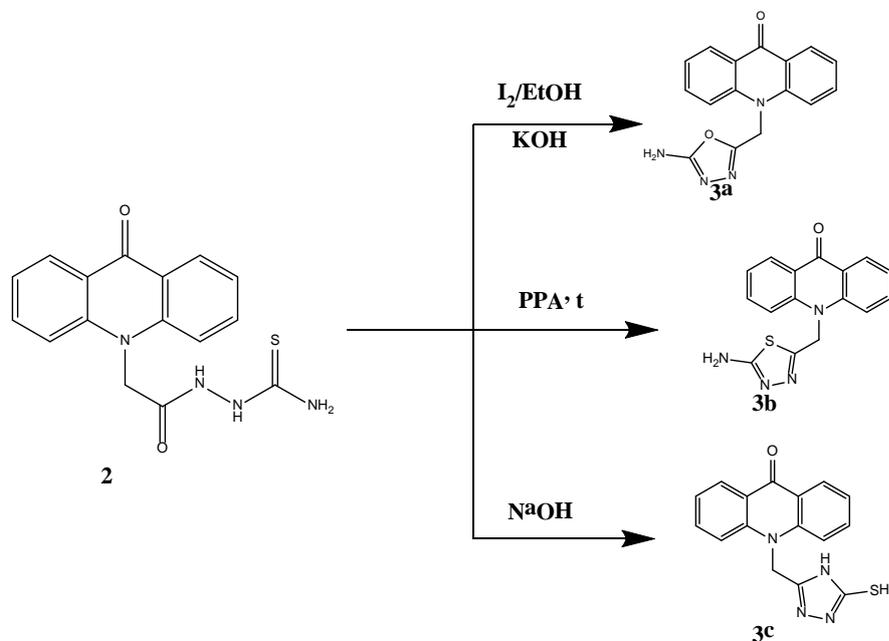
Нами выявлено значительное влияние растворителя на выход целевого продукта (таблица 1).

Таблица 1. Характеристика растворителей, используемых для получения незамещенного тиосемикарбазида АУК.

Ц Растворитель	Характеристики растворителя [Москва В.В. 1999]				Выход соедине- ния II, %
	Диэлектриче- ская проницае- мость	Дипольный момент, D	Донорное число	Акцепторное число	
ДМСО	48,9	3,9	28,9	19,3	32
CH ₃ CN	37,5	3,5	14,1	18,9	38
ДМФА	36,7	3,8	26,6	16,0	25
C ₂ H ₅ ОН	24,3	1,7	19,6	37,9	32
Ацетон	20,7	2,7	17,0	12,5	32
ТГФ	7,4	1,7	20,0	8,0	15
Диоксан	2,2	0,4	14,8	10,8	90
Этилацетат	6,0	1,85	17,1	9,3	46

Как следует из представленных данных, наиболее высокий выход 2-(2-(9-оксоакридин-10(9H)-ил)ацетил)гидразинкарботиоамида был получен в 1,4-диоксане.

Циклизацией соединения **2** нами были получены новые пятичленные гетероциклы (**3a-3c**):



Виртуальный скриннинг соединений **3a-3c** показал возможность наличия у них высокой биологической активности, в частности, исследование биологической активности полученных соединений *in vitro* является перспективной задачей для дальнейшего изучения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 4.9516.2017/БЧ).

Библиографический список

Москва В.В. Растворители в органической химии [Текст] / В.В. Москва. - Соросовский образовательный журнал. -1999. -№4. – 25с.

Сысоев П.И. Синтез гетероциклических соединений на основе производных акридонуксусной кислоты. [Текст]/ П.И. Сысоев. – дис. кан.хим.наук

20.00.03.- Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева.- Москва.- 2015.

Alaa A. Hassan, Ahmed M. Shawky Thiosemicarbazides in Heterocyclization [Text] // J. Heterocyclic Chem., 2011. – Vol. 48. P. 495.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЯ И АДСОРБЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ

**© Е.В. Грехнева, И.Б. Коветиани, А.О. Гусельникова,
Ю.И. Петрова**

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

Исследована возможность получения таблетированных форм для имплантологии на примере модельных соединений (о-крезоксусусной и акридонуксусной кислот) с использованием процессов микрокапсулирования модельных соединений в полимерную оболочку либо их адсорбции с использованием кремнийсодержащего адсорбента.

Ключевые слова: *микрокапсулирование, адсорбент, биологически активные вещества, пролонгированное действие.*

В последние годы актуальным направлением является создание лекарственных препаратов с пролонгированным высвобождением действующего вещества [Алеева В.Н. 2009; Коржавых Э. 2003], в том числе, предназначенных для имплантологии. Целью исследования являлась разработка лекарственных форм пролонгированного действия для имплантологии на примере ряда модельных соединений. Для этого изучались возможности адсорбции и микрокап-

сулирования для обеспечения модифицированного высвобождения биологически активных веществ.

В качестве модели биологически активного вещества (БАВ) были выбраны о-крезоксисукусная (о-КУК) и акридонуксусная (АУК) кислоты, соединения которых находят применение в медицине в качестве иммуностимуляторов и противовирусных средств. Для увеличения продолжительности высвобождения лекарственного препарата использовали адсорбенты, также применяемые в медицинской практике – полигидрат полиметилсилоксана и диоксид кремния коллоидный.

Биологически активное вещество подвергали микрокапсулированию в полимерные оболочки физико-химическим методом с использованием сополимера метилметакрилата и метакриловой кислоты («Eudragit®L100»), либо растворяли в спирте и добавляли соответствующий адсорбент, полученную массу сушили при комнатной температуре. Приготовленную таким образом основу (в виде микрокапсул или в виде БАВ, нанесенного на минеральный адсорбент) использовали для формования таблеток в присутствии биосовместимых полимеров. В качестве таких полимеров были выбраны гидроксипропилметилцеллюлоза, натрий карбоксиметилцеллюлоза, гуаровая камедь и альгинат натрия.

Изучение кинетики высвобождения биологически активных веществ из модели таблетки-импланта в раствор гидрокарбоната натрия (или NaOH) проводили спектрофотометрическим методом на спектрометре УФ/видимой области спектра UV-1800 фирмы «Shimadzu».

Установлено, что наиболее длительное время высвобождения БАВ из таблетки, полученной на основе микрокапсул АУК в «Eudragit®L100» при соотношении АУК: полимер, равном 1:2, наблюдается при использовании в качестве наполнителя натрия карбоксиметилцеллюлозы (192ч) и гуаровой камеди (168ч).

При использовании БАВ, адсорбированного на минеральном адсорбенте (полигидрат полиметилсилоксан) наиболее продолжительное время высвобож-

дения о-КУК (11ч) отмечено для таблеток с добавлением гидроксипропилметилцеллюлозы.

Таким образом, на примере модельных соединений как акридонуксусная и о-крезоксиксусная кислоты показана возможность создания лекарственных препаратов пролонгированного действия способных найти применение в имплантологии.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 4.9516.2017/БЧ).

Библиографический список

Алеева Г.Н., Журавлева М.В. Роль вспомогательных веществ в обеспечении фармацевтических и терапевтических свойств лекарственных препаратов / Хим.–фармац. журн. Т. 43, №4, 2009.

Коржавых Э., Румянцев А. Лекарственные формы с модифицированным высвобождением и действием / Российские аптеки, №4, 2003.

ВОЗМОЖНОСТЬ МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЯ ПРОБИОТИКОВ В КИШЕЧНОРАСТВОРИМЫЙ ПОЛИМЕР EUDRAGIT®L100

© Т.Н. Уйманова¹, Е.В. Грехнева¹, Т.Н. Кудрявцева¹, А.Ю. Горобец²

¹*Курский государственный университет, г.Курск, Россия*

²*Курская сельскохозяйственная академия им. И.И. Иванова,*

г.Курск, Россия

Показана возможность микрокапсулирования пробиотиков в кишечнорастворимый полимер «Eudragit®L100» в присутствии наполнителей.

Ключевые слова: *пробиотик, микрокапсулы, микрокапсулирование.*

В последнее время наблюдается повышенный интерес к пробиотикам как бактериям, влияющим на здоровье человека и животных. Для практической медицины и ветеринарии предложено большое количество пробиотических препаратов, отличающихся по происхождению и имеющих характерные особенности в механизме действия. Однако многочисленные исследования показывают, что бактерии, содержащиеся в пробиотиках, не могут выживать в достаточном количестве при прохождении их через агрессивную среду желудка [Ноздрин Г.А.2007].

С этой целью разрабатываются различные методы для иммобилизации живых клеток в полимерную оболочку или матрицу. Одним из таких методов является микрокапсулирование. Микрокапсулирование позволяет увеличить устойчивость пробиотиков к агрессивным факторам желудочно-кишечного тракта: низкой рН-среды желудка, действию ферментов и желчи.

Целью данной работы стало изучение возможностей получения микрокапсул пробиотиков, обладающих пролонгированным действием и способных найти применения в ветеринарии.

Объектом для микрокапсулирования был выбран препарат содержащий штаммы пробиотических микроорганизмов: *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis* (*Bacillus natto*) («Энзимспорин»).

Получение микрокапсул осуществляли физико-химическим методом микрокапсулирования, который состоит в переосаждении полимера на поверхность капсулируемого вещества путем замены растворителя. Диспергирование системы осуществлялось перемешиванием на магнитной мешалке.

В роли покрытия применяли полимер под торговой маркой «Eudragit®L100», способный образовывать пленку в кислой среде и растворяться в щелочной.

Для формирования сферической формы микрокапсул используют разного рода наполнители, в качестве которых используют органические и неорганические материалы. В роли наполнителя нами использовался российский лекарственный препарат Полисорб и масляная основа.

Для получения микрокапсул физико-химическим методом 1% раствор пробиотика медленно осаждали 1% раствором Eudragit®L100 при интенсивном перемешивании. Полученные микрокапсулы высушили при температуре 20 ± 5 °С.

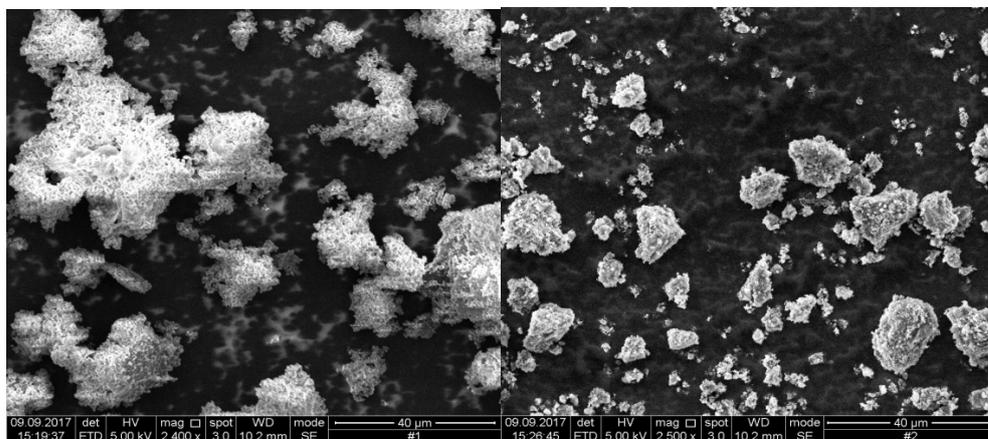
Для повышения пролонгированности действия получаемых препаратов была получена композиция, представляющая собой микрокапсулы дополнительно адсорбированного на медицинском сорбенте пробиотика. Для этого к водной дисперсии коллоидного диоксида кремния (Полисорб) по каплям добавили водный раствор пробиотика. К полученной композиции приливали 1%раствор Eudragit®L100 при интенсивном перемешивании. Полученные микрокапсулы высушивали при температуре 20 ± 5 °С.

Для микрокапсулирования эмульгированного пробиотика в Eudragit®L100,однородную смесь, состоящую из масляной основы и пробиотика, диспергировали в 30 см^3 дистиллированной воды в течение 10 минут до однородной массы на ультразвуке UTRASONICGENERATORIL-0,63. Дисперсию осадили 1% раствором Eudragit®L100.Полученные микрокапсулы высушивали при температуре 20 ± 5 °С, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика микрокапсул пробиотика «Энзимспорин»

Наполнитель	Покрывтие	Осадитель	Соотношение наполнитель: пробиотик	Внешний вид
—	Eudragit® L100	Дистиллированная вода	—	Белый порошок
Коллоидный диоксид кремния	Eudragit® L100	Дистиллированная вода	1:1	Светло-желтый порошок
Масляная основа	Eudragit® L100	Дистиллированная вода	5:1	Светло-коричневый порошок

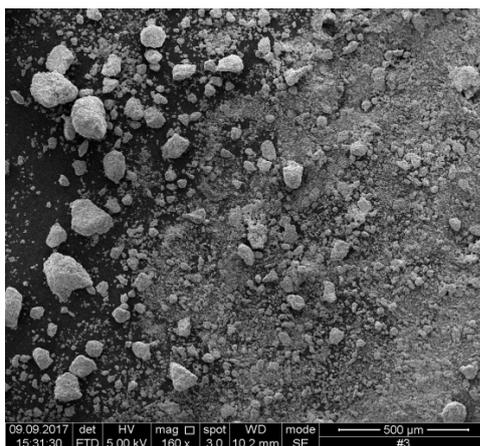
Качественный анализ исследуемых микрокапсул показал наличие азотсодержащих соединений, что доказывает присутствие белка в полученных микрокапсулах. Изображения полученных микрокапсул представлены на рис. 1 и 2.



1

2

Рис. 1. Микрофотографии микрокапсул, снятые на микроскопе QuantaFEG 650 (ООО «МНТЦ»): 1-пробиотик без наполнителя, 2-пробиотик с коллойдным диоксидом кремния



3

Рис. 2. Микрофотография микрокапсул, снятые на микроскопе QuantaFEG 650 (ООО «МНТЦ»): 3-пробиотик с масляной основой

Микрокапсулы, представленные на рисунке 1, имеют размер 40 нм и объединены в бесформенные конгломераты. Микрокапсулы пробиотика, полученные на масляной основе и представленные на рисунке 2, имеют размер 100-500 нм, неоднородны по размеру, поэтому использование масляной основы для микрокапсулирования пробиотиков нам представляется нецелесообразным.

Таким образом, нами была показана возможность получения микрокапсул пробиотиков, путем заключения их в полимерную оболочку Eudragit®L100.

Исследование биологической активности полученных препаратов и определение их влияния на физиологические процессы в организме животных, является целью наших дальнейших исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 4.9516.2017/БЧ).

Библиографический список

Ноздрин Г.А., Иванова А.Б., Ноздрин А.Г., Демина Е.Н., Лемяк А.И., Мальярчук А.А. Разработка и применение пробиотических препаратов для ветеринарии // Научное обеспечение АПК Сибири, Монголии и Казахстана: материалы 10-й междунар. конф. по науч. обеспечению азиат. территорий. –Улан-Батор, 2007. –С.359-360.

КОМПЛЕКСНОЕ ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДЕНАТУРАЦИЮ НАТИВНОГО КРЕАТИНА

© О.Н. Лопухина, Е.С. Соболева, Е.Н. Розанова,

И.Б. Коветиани

Курский государственный университет, г.Курск, Россия

Показана возможность проведения процесса денатурации кератинсодержащего сырья (КСС) в различных условиях.

***Ключевые слова:** кератинсодержащее сырье, денатурация, условия проведения процесса.*

Известно, что дезагрегации и денатурации кератина способствуют следующие факторы: повышение температуры, ультразвуковая обработка, введение

детергентов; изменение рН; добавление восстановителей, окислителей, солей тяжелых металлов, и т.д.

При проведении эксперимента в качестве факторов, влияющих на денатурацию кератинсодержащего сырья (пухо-перовые отходы), были выбраны: нагрев до температуры 40-50 °С, механическое перемешивание, ультразвуковая обработка, щелочная среда с рН=10-11, сульфид натрия, сульфит натрия в присутствии медно-аммиачного комплекса, ПАВ различной природы.

При проведении процесса с применением сульфида натрия за основу был выбран способ восстановительной деструкции дисульфидных связей в структуре кератина [А.с. СССР №102175, 1955]. Отличия заключались в соотношении КСС к Na_2S , использовании ультразвуковой обработки, применении ПАВ [Розанова Е.Н. и соавторы. 2015 г, №2 (06)].

В основе используемого способа получения растворимой формы перьевого кератина под действием сульфита натрия с применением медно-аммиачного комплекса лежит процесс, представленный в патенте [Patent US 7148327 B2. 2006]. В отличие от предлагаемых в этом патенте обработок, использовались приемы физических методов интенсификации химических процессов для сокращения длительности процесса и увеличения выхода диспергированного и растворимого белка [Розанова Е.Н. и соавторы. 2014 г, №3 (3)].

Из анионных ПАВ были использованы - Glydol №1003, Сульфонол АВС, Техарон №70, додецилсульфат натрия; из неионных - Plantacar, ОС-20; в качестве катионактивного ПАВ был использован Катамин АВ (моночетвертичное аммониевое основание). Также был опробован Афилан, который представляет собой смесь анионных и неионных ПАВ.

Изучение продуктов денатурации нативного перьевого кератина под действием сульфида натрия показало, что превышение определенных соотношений между сульфидом и нативным перьевым кератином приводит к более глубокой денатурации, вплоть до деструкции, кератина. При этом разрушается не только третичная и частично вторичная, а также и первичная структура белка в результате гидролиза с образованием олигопептидов с низкой молекулярной массой и

аминокислот, что в свою очередь ведет к низкому выходу высокомолекулярных продуктов денатурации кератина. В опытах с использованием в качестве денатурирующего реагента сульфита натрия в присутствии медно-аммиачного комплекса было отмечено меньшее влияние концентрационного фактора на процесс денатурации нативного кератина.

Был получен ряд образцов диспергированного и растворимого кератина, различающихся размерами и массами частиц. Эти результаты позволяют отследить степень комплексного воздействия ультразвука, денатурирующего реагента и ПАВ на нативную структуру кератина (таблица 1).

Таблица 1. Результаты расчета размеров частиц и их молекулярной массы в дисперсиях и растворах перьевого кератина по турбидиметрическому методу

ПАВ	Денатурирующий реагент			
	Сульфид натрия для составов соотношением ППС к Na ₂ S как 8:1		Сульфит натрия в присутствии медно-аммиачного комплекса	
	d, нм	M _ц , Da	d, нм	M _ц , Da
-	434,71	3,105·10 ⁸	104,50	4,31·10 ⁶
Plantacar	326,04	1,310·10 ⁸	284,24	8,68·10 ⁷
Додецил сульфат натрия	434,71	3,105·10 ⁸	254,98	6,27·10 ⁷
Glydol №1003	428,44	2,972·10 ⁸	229,90	4,59·10 ⁷
Сульфонол ABC	405,45	2,519·10 ⁸	631,17	9,50·10 ⁸
Техарон №70	376,19	2,012·10 ⁸	125,40	7,45·10 ⁶

Исследование размеров частиц по турбодиметрическому методу [Розанова Е.Н. и соавторы. 2014 г, №4 (4)] в образцах показало, что использованный сульфидный метод при повышении содержания сульфида натрия приводит к разрушению структуры кератина до более мелких полипептидов, пептидов и даже аминокислот, что существенно снижает выход высокомолекулярного белка.

При денатурации с использованием сульфита натрия в присутствии медно-аммиачного комплекса были получены кератинсодержащие дисперсии с частицами, которые по размеру и массе были в большинстве случаев в 1,5-2 раза меньше, чем в составах с использованием сульфида натрия.

Дисперсии, полученные при использовании в качестве денатурирующего реагента сульфида натрия, содержат частицы белка размером от 326,04 нм до 434,71 нм. Применяемые поверхностно-активные вещества позволяют уменьшить размер частиц; средняя масса частиц варьирует от $1,310 \cdot 10^8$ до $3,105 \cdot 10^8$ Da. В случае использования сульфита натрия с медно-аммиачным комплексом природа ПАВ является доминирующей, разброс значений размеров частиц от 104,50 нм до 631,17 нм; средняя масса частиц соответственно от $4,31 \cdot 10^6$ до $9,50 \cdot 10^8$ Da.

В результате предварительной оценки можно предположить, что в изученных дисперсиях и растворах кератина находятся частицы, у которых размеры и масса соответствуют порядку величин, установленных для больших комплексов (характеристический размер диаметр сферы ~ 100 нм, молекулярная масса $\sim 10^7 \div 10^{12}$). Таким образом, можно говорить о том, что в условиях проведения эксперимента нативная структура перьевого кератина разрушена, потому что исходное волокно пера имеет однородный макроскопический диаметр приблизительно 5 мкм.

Библиографический список

Берлин А.А. А.с. СССР № 102175. Способ получения растворимой или пластичной модификации кератина. Заяв. 07.06.1955 г.

Robert James Kelly, Gillian Helen Worth, Alisa Dawn Roddick-Lanzilotta. Patent US 7148327 B2. Production of soluble keratin derivatives. Keratec Limited. 12.12. 2006.

Розанова Е.Н., Кометиани И.Б. Еськова А.А., Лопухина О.Н., Соболева Е.С. Влияние сульфида натрия в присутствии ПАВ на нативную структуру пе-

рьевого кератина. // Auditorium: электронный научный журнал Курского государственного университета. 2015 г, №2 (06)).

Розанова Е.Н., Кометиани И.Б., Еськова А.А., Лопухина О.Н., Соболева Е.С. Влияние ПАВ на морфологию комплексов меди и кератина, полученных деструкцией пера составами на основе сульфита натрия. // Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2014. № 3(3). URL: auditorium.kursksu.ru/pdf/003-004.pdf.

Розанова Е.Н., Грехнева Е.В., Лопухина О.Н., Соболева Е.С., Еськова А.А. Использование турбидиметрического метода для определения размеров молекул белка и комплексов меди с кератином, полученных деструкцией пера составами на основе сульфита натрия. // Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2014. № 4(4). URL: auditorium.kursksu.ru/pdf/004-006.pdf.

Образовательный, научный и инновационный
процессы в нанотехнологиях

Сборник докладов
участников VIII Всероссийской
научной конференции

г. Курск, 12–13 октября 2017 года

Редактор П.А. Белов

Курский государственный университет
305000, г. Курск, ул. Радищева, 33