



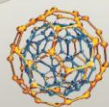
ВСЕРОССИЙСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
НАНО- И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

В РАМКАХ ФЕСТИВАЛЯ НАУКИ

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

Уфа 2012



УДК 001+621.37/39

ББК 72+32.99

П 75

*Сборник издан при финансовой поддержке  
федеральной целевой программы  
«Научные и научно-педагогические кадры  
инновационной России» на 2009-2013 годы  
(мероприятие 2.1 – XIII очередь)  
(Государственный контракт №14.741.12.0362)*

*Редакционная коллегия:*

докт. физ.-мат. наук, **проф. Бахтизин Р.З.**

докт. физ.-мат. наук, **проф. Альмухаметов Р.Ф.**

докт. физ.-мат. наук, **проф. Екомасов Е.Г.** (отв. редактор)

вед. инж. **Кузнецова И.Л.** (отв. секретарь)

аспирант **Габдрахманова Л.А.**

**Актуальные проблемы нано- и микроэлектроники:** Тезисы докладов  
Всероссийской молодежной конференции / отв. ред. Екомасов Е.Г. – Уфа:  
РИЦ БашГУ, 2012. – 140 с.  
ISBN 978-5-7477-2558-4

В сборнике помещены тезисы докладов участников Всероссийской  
молодежной конференции в рамках фестиваля науки «Актуальные  
проблемы нано- и микроэлектроники».

Тезисы докладов воспроизводятся с представленных авторами  
оригиналов.

УДК 001+621.37/39

ББК 72+32.99

П 75

ISBN 978-5-7477-2558-4

© Коллектив авторов, 2012

© БашГУ, 2012

## **СЕКЦИЯ «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТОК И СОЗДАНИЯ ПРИБОРОВ НАНО- И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ»**

УДК 543.9, 621.3.082.73, 57.083.3

### **НАНОГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ДЕТЕКЦИИ БЕЛКОВ-КАРДИОМАРКЕРОВ С ПОМОЩЬЮ ПЬЕЗОКВАРЦЕВЫХ ИММУНОСЕНСОРОВ**

Агафонова Л.Е., Супрун Е.В., Шумянцева В.В., Арчаков А.И.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт биомедицинской химии имени В.Н. Ореховича» Российской академии медицинских наук, Москва, Россия

Сердечно-сосудистые заболевания занимают первое место среди причин смерти населения в России. Инфаркт миокарда (ИМ) — одна из клинических форм ишемической болезни сердца, протекающая с развитием некроза участка миокарда (сердечной мышцы), обусловленного абсолютной или относительной недостаточностью его кровоснабжения. Когда диагностика ИМ затруднена, существенную помощь оказывает определение в крови маркеров некроза миокарда (кардиомаркеров). Кардиомаркер – это биологическое вещество, повышение уровня которого в крови наблюдается в течение сердечно-сосудистого заболевания или сразу после повреждения сердечной мышцы. Для диагностики ИМ широкое распространение получили тропонины I и T, креатинкиназа-MB, кардиомиоглобин и белок, связывающий жирные кислоты.

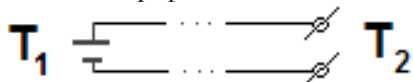
В настоящей работе методом кварцевых кристаллических микровесов в режиме реального времени изучена кинетика белок-белковых взаимодействий. На основе полученных данных разработаны высокочувствительные пьезокварцевые иммуносенсоры, позволяющие осуществлять прямую регистрацию взаимодействий молекул белков-маркеров инфаркта миокарда в плазме крови человека с соответствующими антителами без дополнительного введения меток и без химических модификаций. Пьезокварцевый иммуносенсор представлял собой аналитическое устройство, чувствительным элементом которого являлся пьезокварцевый резонатор с золотыми электродами, покрытыми рецепторными молекулами - моноклональными антителами. Аналитическим сигналом пьезокварцевого иммуносенсора служило уменьшение частоты колебаний резонатора при увеличении массы рецепторного слоя в результате взаимодействия его с определяемым соединением. Анализ занимал 15 минут и требовал всего 1 мкл образца.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-04-31329).

Графен, открытый в 2004 году, по-прежнему привлекает исследователей благодаря своим замечательным электронным свойствам и перспективам использования в электронике. Одно из направлений исследований - получение новых веществ на его основе. Об графенах широко стало известно уже после присуждения Нобелевской премии по физике за 2010 года. Внимание к графенам стало актуальным из-за их простоты, микроминиатюрных размеров и загадочности.

Графен (англ. graphene) — двумерная аллотропная модификация углерода, образованная слоем атомов углерода толщиной в один атом, находящихся в  $sp^2$ -гибридизации и соединённых посредством  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в гексагональную двумерную кристаллическую решётку. Его можно представить как одну плоскость графита, отделённую от объёмного кристалла. Из графенов можно создать устройства, усиливающие электрический ток за счёт его происхождения по частицам графита.

Схема усиления на основе графена:



Здесь точками представлены частицы графита, остальные обозначение те же, что и выше.

Поскольку частицы графита располагаются случайным образом, постольку можно сделать схему усиления на основе графена, поменяв местами вход и выход тока.

Кроме этого, возможно перекрёстное усиление тока.

В технологиях будущего графены могут использоваться, во многих случаях, образование искусственных кристаллов происходит иначе.

Графены могут получить своё развитие только на основе новых исследований новаторов, энтузиастов. Создание для них материальных и моральных условий жизни, приобретение оборудования для исследования на уровне нано-технологии должно являться одной из основ стратегической политики развития государства.

Графеновые слои, углеродные нанотрубки и графеновые ленты, фуллерены имеют нанометровые размеры в одном, двух или трех кристаллографических направлениях, что обуславливает проявление квантовых свойств. Электропроводность линейных углеродных наноструктур – нанотрубок и графеновых лент может изменяться от металлических до полупроводниковых. Нанoeлектронные устройства возможно получить из графеновых слоев, которые получают в результате образования химических соединений графеновых слоев с водородом, фтором, хлором и т.д. Затем графеновые слои можно подвергнуть локальной графитации, т.е. удалить с некоторых участков поверхности неуглеродные атомы, присоединенные к слою. В результате, получаются графеновые дорожки-ленты, которые могут быть основой для электронных схем, выполняющие различные функции.

На первом этапе данной работы был выполнен расчет структуры графеновых слоев, полученных образованием химических связей между графеновыми слоями и атомами различных элементов (Н, О, F, Cl) и молекулярными группами (ОН). Как показали модельные расчеты, в случае присоединения неуглеродных атомов с двух сторон графеновый слой имеет плоскую упорядоченную структуру. Если же неуглеродные атомы присоединяются к графеновому листу с одной стороны, то слой имеет деформированную структуру, край графенового листа сворачивается, формируя трубчатые структуры, что делает невозможным использование таких слоев для локальной графитации.

На втором этапе работы были выполнены расчеты геометрически оптимизированной структуры селективно графитированных плоских графано-водородных слоев. Установлено, что ленточные графеновые фрагменты на графеновом слое могут иметь различную хиральность (zigzag, armchair, chiral) и различные проводящие свойства. В результате селективного удаления атомов водорода на поверхности графенового слоя можно сформировать соединение нескольких графеновых лент между собой. Соединения ленточных фрагментов с полупроводниковой и металлической проводимостью могут выполнять функции наноразмерных диодов. На основе таких соединений возможно конструирование различных электронных устройств.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ  
В МАГНЕТИКАХ С МОДУЛЯЦИЕЙ МАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Гумеров А.М., Кудрявцев Р.В., Богомазова О.Б.  
Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Одним из теоретических направлений исследования влияния дефектов на магнитные неоднородности является учет, в рамках термодинамической теории, возможности пространственной зависимости параметров материала. Хотя имеется хорошо разработанная теория возмущений для этого уравнения [1], для случая произвольных изменений параметров материала необходимо использовать численные методы [2]. Есть и экспериментальные работы, исследующие изменение структуры доменной границы (ДГ) при пересечении дефекта (см. например [3]). Представляет интерес изучение динамики ДГ в ферромагнетиках с произвольной по величине одномерной модуляцией магнитных параметров, в том числе, и с точки зрения возбуждения и излучения нелинейных волн.

Для случая неоднородности константы магнитной анизотропии (НКМА) при определенных условиях наблюдалось отражение ДГ от области НКМА, связанное с резонансным взаимодействием ДГ и магнитной неоднородности типа бризера, возбуждаемой в области НКМА. С помощью метода коллективных координат [1] построена аналитическая модель, учитывающая возбуждения бризера и показывающая качественное совпадение с результатами численных расчетов. При наличии нескольких областей НКМА показана возможность квазитунелирования ДГ (т.е. прохождения частицей барьера при скорости ниже предельной) и зарождения магнитных неоднородностей мультисолитонного типа в виде связанного состояния кинка и бризера. В пределе небольших амплитуд колебаний бризеров аналитически был рассчитан характер взаимодействия, который с хорошей точностью соответствует численным результатам. Работа поддержана грантом РФФИ 10-02-00594-а.

Литература

1. Браун О.М., Кившарь Ю.С. Модель Френкеля-Контровой. Концепции, методы, приложения. Москва. М.: Физматлит, 2008.
2. Екомасов Е.Г., Азаматов Ш.А., Муртазин Р.Р. // ФММ **105**. 2008.
3. Четкин М.В., Курбатова Ю.Н. // ФТТ **43**. 2001.

УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ КИНКА МОДИФИЦИРОВАННОГО  
УРАВНЕНИЯ SIN-ГОРДОНА С ПОМОЩЬЮ  
ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Закирьянов Ф.К., Фахретдинов М.И.

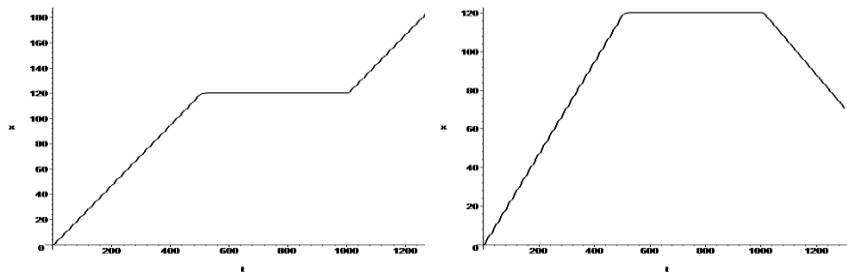
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Модифицированное с учётом диссипации и внешнего воздействия уравнение sin-Гордона (МУСГ)

$$\varphi_{tt} - \varphi_{xx} + \sin \varphi = -\beta \varphi_t + A_0 \cos \psi(t) \quad (\text{МУСГ})$$

имеет множество физических приложений, в том числе в нелинейной физике и наноэлектронике. В работе представлены некоторые результаты, демонстрирующие *возможность управления движением кинка МУСГ внешним периодическим воздействием*. Наибольший интерес с точки зрения возможностей управления представляют случаи *малых* коэффициента диссипации  $\beta$  и амплитуды  $A_0$  частотно-модулированной внешней силы с фазой  $\psi(t) = \omega_0 t + A \cos \omega t$ .

На рисунках внизу показаны зависимости координаты центра масс кинка от времени: на рисунке слева кинк начал движение при включении внешней силы, затем остановился, когда внешнее воздействие выключили ( $A_0 = 0$ ) и возобновил движение при его повторном включении. На графике справа кинк начал движение при включении внешней силы, затем остановился, когда внешнее воздействие выключили, и возобновил движение в *противоположном направлении* при включении внешнего воздействия с *вдвое меньшей частотой*  $\omega_0$ .



Компьютерное моделирование также показало, что изменением параметров внешнего воздействия можно добиться не только смены направления движения кинка, но и изменения его скорости.

УДК 538.935

ГЛУБОКИЕ УРОВНИ И МЕХАНИЗМ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В  
ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЯХ Si:Er, ВЫРАЩЕННЫХ МЕТОДОМ  
СУБЛИМАЦИОННОЙ МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВОЙ ЭПИТАКСИИ

Зимовец И.А., Мишкин В.П., Филатов Д.О.

Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского,  
Нижний Новгород, Россия.

Кремний, легированный Er (Si:Er) являлся объектом интенсивных исследований в течение последних 15 лет в связи с перспективами создания на его основе светоизлучающих оптоэлектронных приборов, излучающих на длине волны  $\lambda \approx 1,54 \mu\text{m}$ , соответствующей минимуму оптических потерь в кварцевых волоконных световодах [1]. К настоящему времени получены опытные образы светодиодов на базе Si:Er, работающих как при прямом, так и при обратном смещении. Однако, если механизм возбуждения электролюминесценции (ЭЛ) ионов Er при прямом смещении хорошо изучен, природа ЭЛ светодиодов на базе Si:Er при обратном смещении до сих пор не ясна. В [2] предложен механизм возбуждения ЭЛ Er в светодиодах  $p^+ \text{-Si}/n\text{-Si}:(\text{Er}, \text{V})/n^+ \text{-Si}$  при обратном смещении, заключающийся в туннельной инжекции электронов из валентной зоны  $p^+ \text{-Si}$  на глубокие донорные уровни, связанные с примесными комплексами Er с др. примесями и собственными дефектами матрицы, с последующей безызлучательной рекомбинацией на акцепторные состояния V и резонансным возбуждением  $4f$ -оболочки ионов Er.

В докладе излагается феноменологическая теория процессов возбуждения ЭЛ в светодиодах  $p^+ \text{-Si}/n\text{-Si}:(\text{Er}, \text{V})/n^+ \text{-Si}$  при обратном смещении по вышеописанному механизму. На основе развитой теории рассчитаны модельные вольт-амперные и ватт-амперные характеристик светодиодов. Результаты модельных расчётов сравниваются с результатами экспериментальных исследований опытных образцов светодиодов на базе структур  $p^+ \text{-Si}/n\text{-Si}:(\text{Er}, \text{V})/n^+ \text{-Si}$ , выращенных методом сублимационной молекулярно-лучевой эпитаксии (СМЛЭ). На основе результатов моделирования даются рекомендации по оптимизации конструкции светодиодов для повышения квантового выхода ЭЛ ионов Er.

#### Литература

1. A. J. Kenyon. *Semicond. Sci. Technol.* **20**, R65 (2005).
2. А. В. Корнаухов, А. А. Ежевский, М. О. Марычев, Д. О. Филатов, В. Г. Шенгуров. *ФТП* **45**, 87 (2011).



УДК 538.9

## ПРОЧНОСТЬ ДЕФОРМИРОВАННОГО ГРАФЕНА В ШИРОКОМ ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР

Искандаров А.М.

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

Графен представляет собой плоский моноатомный слой углерода, в котором каждый атом связан валентной связью с тремя соседями. Благодаря своим уникальным механическим, физическим и оптическим свойствам графен может найти различные применения в технике. В последние годы ведутся исследования влияния значительной упругой деформации на механические и физические свойства графена и других наноразмерных углеродных структур, что лежит в основе активно развиваемой технологии упругих деформаций [1]. Например, обнаружено, что электропроводность, теплопроводность графена и углеродных трубок можно изменять путем прикладывания растягивающих напряжений [2]. Однако, несмотря на то, что графен способен выдерживать высокие приложенные деформации и напряжения, проявляя тем самым высокую прочность, важным параметром является характерное время, в течение которого графен может просуществовать без разрушения или пластического течения. В данной работе методом молекулярной динамики изучено влияние температуры на время до потери устойчивости деформированного листа графена. К плоскому листу графена прикладывалась однородная деформация, при этом были рассмотрены три вида деформации: одноосные растяжения вдоль направлений «зигзаг» и «кресло», а так же двуосное растяжение. В процессе моделирования температура удерживалась на постоянном уровне до момента разрыва, который фиксировался по резкому скачку потенциальной энергии системы.

Установлено, что для всех видов деформации среднее время до разрыва находится в логарифмической зависимости от обратной температуры. Также установлено, что вероятность разрыва при заданной температуре и приложенной деформации прямо пропорциональна площади листа графена.

1. T. Zhu and J. Li., *Progr. Mater. Sci.* 55, 710 (2010).

2. X. Li, K. Maute, M.L. Dunn, and R. Yang, *Phys. Rev. B* 81, 245318 (2010).

АВТОРЕЗОНАНСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИКОЙ ДОМЕННЫХ  
СТЕНОК В СЛАБЫХ ФЕРРОМАГНЕТИКАХ

Каюмов И.Р.<sup>1</sup>, Шамсутдинов М.А.<sup>2</sup>, Харисов А.Т.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) ИФМК УНЦ РАН, Уфа, Россия

<sup>2</sup>) Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

В настоящее время уделяется большое внимание управлению нелинейной динамикой различных систем с помощью периодических воздействий. Известно, что генерация нелинейных колебаний в колебательной системе может происходить благодаря эффекту авторезонанса.

Работа посвящена исследованию генерации высокоамплитудных колебаний доменных стенок в слабых ферромагнетиках при наличии в системе переменного магнитного поля малой амплитуды. В силу привлекательности исследуемых материалов в использовании различных магнитоэлектронных устройств, полученные результаты могут быть использованы для оптимизации их технических характеристик. Построена модель, описывающая генерацию колебаний ширины ( $T$ ) от времени ( $\phi$ ) 360-градусной доменной границы внешним магнитным полем малой амплитуды в режиме авторезонанса с учетом затухания. Показано, что при модуляции частоты поля накачки по закону гиперболического тангенса пульсационные колебания 360-градусной стенки можно вывести на высокоамплитудный стационарный режим (рис. 1 (а)). При модуляции частоты накачки по закону гармонического синуса возможно эффективное управление динамикой доменной стенки (рис. 1 (б)).

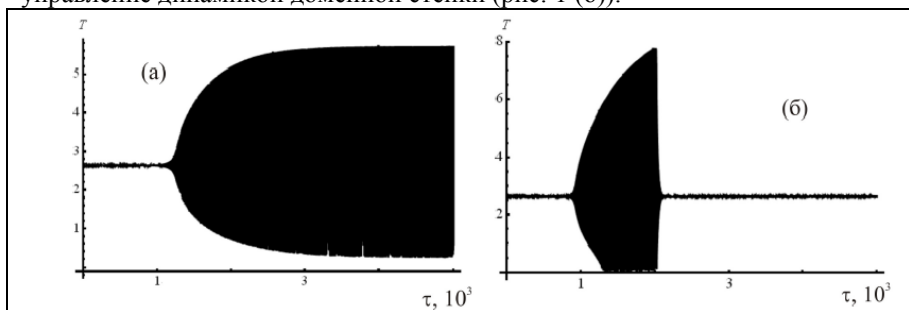


Рис. 1

Работа поддержана грантами РФФИ № 10-01-00186, 11-02-97003.

УДК 537.611.45

## ВЛИЯНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ЭМИССИОННЫЕ СВОЙСТВА БАМБУКОПОДОБНЫХ НАНОТРУБОК

Глухова О.Е., Колесникова А.С.

Саратовский государственный университет, Саратов, Россия

Получение высоких эмиссионных токов при малых напряжениях является ключевой проблемой эмиссионной электроники. Углеродные нанотрубки (УНТ) уже более десятка лет используются как автоэммиттеры в электронных микро- и макроустройствах [1]. В настоящее время ведутся исследования в направлении снижения работы выхода углеродных тубулярных структур.

В данной работе проводилось теоретическое исследование эмиссионных свойств протяженных бамбукоподобных нанотрубок при увеличении концентрации атомов калия от 0 до 0.59% с помощью квантово-химического метода сильной связи[2] .

Объектом исследования являются устойчивые протяженные бамбукоподобные нанотрубки наименьшего диаметра. Установлено, что работа выхода протяженных бамбукоподобных нанотрубок с расстоянием между перемычками 2,811нм на 0.22эВ ниже, чем работа выхода протяженных полых нанотрубок. Моделировался процесс ионной адсорбции атомов калия на поверхности протяженной бамбукоподобной нанотрубки в рамках метода сильной связи. Адсорбция атомов калия концентрацией 0,59% приводит к уменьшению значения потенциала ионизации на 0,2 эВ. При этом работа выхода бамбукоподобной нанотрубки при добавлении атомов калия с концентрацией 0,59% уменьшилась на 0.35 эВ.

Данная работа была выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы, номер заявки «2012-1.2.1-12-000-2013-064» и при поддержке гранта РФФИ (проект № 12-02-00807).

### Литература

1. A. Kuznetsov, S. B. Lee, M. Zhang, R. H. Baughman et.al. Carbon, **48**, 41 (2010).
2. О.Е. Глухова, А.И. Жбанов ФТТ **45**, 189 (2003)

УДК 537.9

## ВЛИЯНИЕ КИСЛОРОДА НА ТРАНСПОРТ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА ВДОЛЬ ИНТЕРФЕЙСА ПОЛИМЕР/ПОЛИМЕР

Любцов В.С.

Башкирский государственный педагогический университет  
им. М.Акумуллы, г.Уфа, Россия

В 2009 году было обнаружено, что вдоль границы двух полярных изоляторов можно сформировать двумерный электронный газ [1]. Недавно было показано [2], что вдоль интерфейса двух органических изоляторов можно получить аналогичные электронные структуры. Хорошо известно, что подобные квантоворазмерные системы используются в качестве сенсоров различных веществ. Целью настоящей работы явилось изучение влияния окружающей среды на электронные транспортные свойства интерфейса полимер/полимер.

В качестве органического изолятора был использован полидифениленфталид (ПДФ).

Экспериментальные образцы были получены методом центрифугирования. Металлические электроды наносились методом термического напыления.

Было установлено, что при вакуумировании образцов их электропроводность возрастает в 10 раз при изменении давления от  $10^{-2}$  мм.рт.ст. до  $10^{-5}$  мм.рт.ст.

В результате проведенной работы было показано, что за изменение электропроводности в окружающей среде отвечает кислород. Обычным для органических соединений является то, что атомы кислорода создают ловушки для носителей заряда. Тем самым уменьшая электропроводность. В докладе обсуждается возможный механизм влияния кислорода на транспорт носителей заряда вдоль интерфейса полимер/полимер. И предлагаются возможные применения обнаруженному явлению.

Работа выполнена при поддержке грантом РФФИ № 1102-01445-а.

### Литература

1. Гадиев Р.М., Лачинов А.Н., Корнилов В.М., Салихов Р.Б., Рахмеев Р.Г., Юсупов А.Р. Письма в ЖЭТФ, 2009 –Т 90, В.11 – С.821-825.2. А. Н. Лачинов, А. Р. Тамеев, А. Р. Юсупов, А. В. Ванников. Электрохимия, 2012 – Т. 48, - № 3. С. 347–350.

УДК 537.611.45

ДИНАМИКА ДОМЕННОЙ ГРАНИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ  
ИМПУЛЬСНОГО И ГРАДИЕНТНОГО МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В СЛАБЫХ  
ФЕРРОМАГНЕТИКАХ

Муртазин Р.Р., Гайнанов И.М.

Башкирский Государственный Университет, Уфа, Россия

Изучение процессов перемагничивания магнитных материалов одна из важных проблем в физике магнитных явлений, являющейся одной из больших составляющих физики конденсированных состояний. Для слабых ферромагнетиков (СФМ) на первый план, выходит механизм перемагничивания, связанный с движением доменных стенок (ДС)[1]. Рассматривается такой класс СФМ как редкоземельные ортоферриты (РЗО). Исследуемые материалы широко используются в различных устройствах микроэлектроники. При определенных условиях динамика ДС в РЗО может быть описана модифицированным уравнением синус-Гордона [2].

В работе численно исследовалась одномерная динамика ДС под действие импульсного и градиентного магнитных полей. Так как в эксперименте импульсное поле нарастает не мгновенно, в модели также учитывается время нарастания импульсного поля до постоянного значения. Схема численного эксперимента следующая: в начальный момент времени ДС находится под действием градиентного магнитного поля, стабилизирующего ее положение. Далее включается импульсное магнитное поле, под действием которого ДС начинает движение. При истечении длительности импульсного магнитного поля ДС возвращается в исходное положение. В результате численного эксперимента были получены зависимости скорости, ускорения ДС от различных значений амплитуды и длительностей импульсного магнитного поля. Также были определены время разгона ДС до стационарной скорости, и максимальное расстояние, на которое смещалась ДС.

Литература

1. В.Г. Барьяхтар, Б.А. Иванов, М.В. Четкин. УФН **146**, 417 (1985).
2. Е.Г. Екомасов, Р.Р. Муртазин, Ш.А. Азаматов. ФТТ, **54**, 1487 (2012).

УДК 537.5

ПОЛЕВАЯ ЭМИССИЯ ИЗ КОНТАКТА МАТЕРИАЛОВ С РАЗНОЙ РАБОТОЙ ВЫХОДА

Соминский Г.Г., Сезонов В.Е., Тумарева Т.А., Тарадаев Е.П.

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет.

Санкт-Петербург. Россия.

При тесном контакте материалов с разной работой выхода  $e\phi$  могут возникать поля более  $10^7$  V/cm. Контактные поля пятен хорошо известны [1], но до недавнего времени не анализировалась возможность их использования для получения автоэмиссии. Авторы получили данные, свидетельствующие о возможности создания полевых эмиттеров, приготовленных из материалов с разной работой выхода [2,3]. Впервые возможность использования контактных полей для получения автоэмиссии была выявлена при исследовании композитных катодов из гранул гексаборида лантана ( $e\phi \approx 2.5-3.8$  eV) в матрице из пирографита ( $e\phi \approx 4.7$  eV). Данные, полученные при исследовании композитных катодов, были использованы при разработке слоистых нано-структурированных полевых эмиттеров нового типа [2,3]. Созданные слоистые катоды стабильно работали при давлениях остаточного газа  $(1-4) \cdot 10^{-7}$  Тор. Выполненные эксперименты и расчеты раскрывают основные закономерности и механизмы функционирования катодов нового типа, свидетельствуют о возможности долговечной и эффективной их работы в условиях технического вакуума. Контактные поля пятен обеспечивают низкие пороги полевой эмиссии и высокие ее плотности, достигающие значений  $\sim 10^1-10^3$  A/cm<sup>2</sup>.

[1]. Л.Н. Добрецов, М.В. Гомоюнова. Эмиссионная электроника. М.: Изд. Наука. 1966. 564 с.

[2]. Г.Г. Соминский, В.Е. Сезонов, И.А. Светлов, Т.А. Тумарева, Е.П. Тарадаев. Разработка в СПбГПУ полевых эмиттеров для электронных устройств, работающих в техническом вакууме. //Изв. Вузов, Прикладная нелинейная динамика. 2012. Т.20. №3. С.94-107.

[3]. Г.Г. Соминский, В.Е. Сезонов, Т.А. Тумарева, Е.П. Тарадаев. Патент №118119 на полезную модель «Полевой эмиттер» с приоритетом от 17.02.2012.

УДК 544.65, 577.1

ПРЯМОЙ ЭЛЕКТРОАНАЛИЗ МИОГЛОБИНА: ВЫБОР ПЕЧАТНОГО  
ГРАФИТОВОГО ЭЛЕКТРОДА И МОДИФИКАТОРА ЕГО  
ПОВЕРХНОСТИ

Супрун Е.В., Шумянцева В.В., Арчаков А.И.

ФГБУ «Научно-исследовательский институт биомедицинской химии имени  
В.Н. Ореховича» Российской академии медицинских наук, Москва, Россия

Миоглобин – гемопротеин с молекулярной массой около 18 кДа. В организме человека миоглобин находится в скелетных и сердечной мышцах, выполняя дыхательную функцию. В обычных условиях, в отсутствие повреждения или воспаления мышечной ткани, миоглобин в кровь не попадает. Определение миоглобина важно не только для диагностики инфаркта миокарда, но и определения степени поражения мышечной ткани. Прямой электроанализ миоглобина основан на реакции восстановления иона железа гема белка на поверхности графитового электрода:  $\text{Fe(III)} + e = \text{Fe(II)}$  (при потенциале около минус 250 мВ). В качестве модификатора поверхности электрода, обеспечивающего прямой перенос электрона с поверхности электрода на миоглобин, используется дидодецилдиметиламмоний бромид (ДДАБ). [1]

Было показано, что чувствительность электроанализа миоглобина определяется компонентами графитовой пасты, используемой при печати графитовых электродов (марки и фирмы производителя), и в меньшей степени нанесением последующих слоев различных наноструктурирующих материалов (золотых наночастиц, нанопалочек, нанопроволочек; частиц сажи) на рабочую поверхность электрода. При этом ДДАБ служит своего рода «мостиком» между молекулами белка и электродом, делая поверхность последнего более гидрофильной.

Литература

1. E.V. Suprun, A.L. Shilovskaya, A.V. Lisitsa, et al. *Electroanalysis* **23**, 1051 (2011).

ГЕНЕРАЦИЯ ПСЕВДОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В  
ВЫПУКЛЫХ ЛИСТАХ ГРАФЕНА

Тазиев Р.М.

Институт физики полупроводников СО РАН, Новосибирск, Россия

Графен один из самых многообещающих материалов для будущей наноэлектроники [1]. Из-за отсутствия энергетической щели между валентной зоной и зоной проводимости в графене локализовать релятивистские электроны весьма проблематично. Одна из возможностей преодолеть эти трудности заключается в создании узких графеновых лент [2], где из-за размерного квантования появляются запрещенные зоны в зонной структуре графена. Другая возможность заключается в создании псевдомагнитных полей и скалярного потенциала, деформируя (растягивая и искажая) определенным образом графеновый лист. Эти псевдомагнитные поля создают энергетическую щель порядка 0,1 эВ для величины поля в 10 Т [3]. Появление скалярного потенциала приводит к неоднородному перераспределению заряда в листе графена.

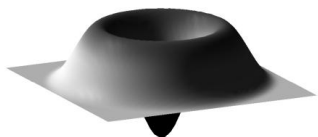


Рис.1 Форма листа графена

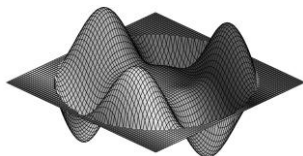


Рис.2 Псевдомагнитное поле

В настоящей работе мы исследовали генерацию псевдомагнитных полей в осесимметрично-выпуклых листах графена, полученных на напряженных InGaAs тонких круговых пластинах. Численные значения радиальных и азимутальных распределений деформации в выпуклых листах графена были приведены в [4]. Для формы листа графена (см. рис.1) эти неоднородные распределения деформации приводят к появлению неоднородных псевдомагнитных полей (см. рис.2), амплитудное значение которого достигает величины 40 Т.

## Литература

1. Geim A.K. and Novoselov K.S., Nature Mater.,6,183,(2007).
2. Chen Z. et al, Physica E , 40, 228, (2007).
3. Gunea F., Katsnelson M. I. and Geim A. K., Nature Physics ,6,30,(2010).
4. Taziev R.M. and Prinz V. Ya., Nanotechnology, 22, 305705,(2011).



УДК 538.975

## МНОГОЛУЧЕВЫЕ АВТОЭМИССИОННЫЕ КАТОДЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Тарасов Е.А., Бурцев А.А.\*

Саратовский филиал Института радиотехники и электроники

им. В.А. Котельникова РАН, Саратов, Россия

\* ОАО «НПП «Алмаз», Саратов, Россия

Известно, что углеродные нанотрубки (УНТ) могут использоваться в качестве источников полевой эмиссии электронов [1] при создании автоэмиссионных катодов (АЭК) электровакуумных приборов.

Авторами проведен ряд экспериментов, направленных на создание многолучевых АЭК. Формирование массивов из УНТ осуществлялось методом CVD на плоских поверхностях цилиндрических катодных выступов из стеклоуглерода марки СУ-2000, полученных при помощи электроэрозионной обработки. В качестве источника катализатора использовался ацетат железа, который наносился на рабочие поверхности в виде водного раствора (0,025% по массе). На рис. 1,а представлена 3D-модель 7-лучевого АЭК.

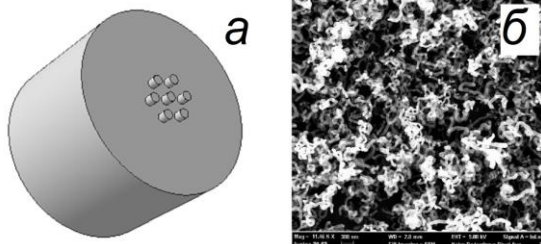


Рис. 1 Модель 7-лучевого АЭК (а) и УНТ на торце выступа (б)

На рис. 1,б представлено РЭМ-изображение УНТ (метка 300 нм), выращенных на торце одного из выступов 7-лучевого АЭК. Видно, что нанотрубки равномерно располагаются по всей поверхности.

Целью дальнейших работ является исследование автоэмиссионных характеристик изготовленного 7-лучевого катода в конструкции диодного макета, а также создание 19-лучевого АЭК на основе УНТ.

### Литература

1. Елецкий А.В. УФН, Т. 180, № 9 (2010). С. 897 - 930.

УДК 537.611.3:537.634.2.001

## СПЕКТР ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ ДОМЕННОЙ ГРАНИЦЫ В ФЕРРОМАГНЕТИКЕ

Бойко С.И., Вахитов Р.М., Магадеев Е.Б.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Важным свойством ферромагнитных материалов является наличие в них доменной структуры. В настоящее время теоретическое исследование процесса образования доменов, а также их поведения во внешних полях является актуальной задачей, так как подобные явления находят широкое практическое применение в микро- и наноэлектронике.

Среди динамических свойств магнетиков особое место занимает возможность возбуждения в них спиновых волн, представляющих собой элементарные моды колебаний статической структуры магнетика. Актуальность их исследования обосновывается как тем, что спиновые волны дают основу для рассмотрения более сложных процессов, протекающих в магнетике, так и тем, что они являются элементарным откликом системы на небольшие внешние воздействия. Таким образом, они дают исчерпывающее описание динамических свойств кристалла вблизи его основного состояния.

Данная работа посвящена изучению спектра элементарных возбуждений доменной границы, статическая структура которой может быть определена путем минимизации полной энергии магнетика. Далее исследуются уравнения Ландау-Лифшица, линеаризованные по величине малого отклонения вектора намагниченности от его равновесного значения. Представляя решения этих уравнений в виде плоских волн, удается получить связь между частотой колебаний и волновым вектором, известную как дисперсионное соотношение. Фактически, оно представляет собой условие разрешимости системы дифференциальных уравнений, описывающих динамику рассматриваемого магнетика.

УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ КИНКА  
В МОДЕЛИ МОЛЕКУЛЫ ДНК С УЧЁТОМ ДИССИПАЦИИ

Губайдуллин М.Н., Закирьянов Ф.К.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Исследование распространения нелинейных возмущений вдоль молекулы ДНК является актуальным направлением в современной биофизике, так как они могут играть важную роль в процессах функционирования ДНК. В этой области получено множество интересных результатов. В частности, в работе [1] было показано, что в однородной симметричной Y-модели молекулы ДНК возможно управление движением кинка внешним воздействием  $A \cos \psi(t)$  с медленно убывающей частотой  $\psi(t) = \Omega t - \alpha t^2$ . В данной работе рассматривалось модифицированное уравнение  $\sin$ -Гордона, учитывающее взаимодействие ДНК с окружающей средой и внешнее воздействие в виде обобщенной силы  $A \cos \psi(t)$ :

$$I \varphi_{tt} - k a^2 \varphi_{zz} + V \sin \varphi = -\gamma \varphi_t + A \cos \psi(t).$$

В настоящей работе исследовались различные модели внешнего периодического воздействия. С помощью метода МакЛафлина-Скотта была получена зависимость координаты кинка от изменения фазы внешнего воздействия. В случае частотно-модулированного воздействия,  $\psi(t) = \omega_0 t - A \cos \omega t$ , наблюдалось движение кинка с постоянной скоростью. Меняя параметры внешнего воздействия, можно заставить двигаться кинк в обоих направлениях вдоль молекулы ДНК с различными скоростями. Полученные результаты позволяют сделать вывод о перспективности управления движением кинка изменением параметров внешнего воздействия.

#### Литература

[1] Якушевич Л.В., Кашапова Г.Р., Закирьянов Ф.К. // Биофизика. 2012, Т.57, вып.1, с.21-26.

УДК 537.611.3:537.634.2.001

## СТАЦИОНАРНЫЕ СОСТОЯНИЯ НЕОДНОСВЯЗНОГО ФЕРРОМАГНИТНОГО ОБРАЗЦА

Магадеев Е.Б., Вахитов Р.М.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время одним из актуальных направлений развития вычислительной техники является разработка емких энергонезависимых носителей информации. Для постоянных запоминающих устройств на магнитных средах решение данной проблемы основывается на свойстве ферромагнитных материалов обладать спонтанной намагниченностью, не исчезающей при «выключении» внешнего поля. Таким образом, существенный практический интерес представляет исследование стационарных состояний ферромагнетиков, которым в случае односвязных образцов соответствует однородное распределение намагниченности внутри кристалла. Такие состояния являются вырожденными по направлению вектора намагниченности, что создает условия для записи информации на носитель, и фактически представляют собой основное состояние магнетика, характеризующееся глобальным минимумом его энергии. В то же время в неодносвязных образцах (таких, в которых можно указать контур, не стягиваемый в точку непрерывным преобразованием) возможно существование возбужденных стационарных состояний магнитной подсистемы.

В работе на примере ферромагнетика типа «легкая плоскость», имеющего форму кольца, показано, что неодносвязный ферромагнитный образец может находиться в устойчивых состояниях, соответствующих неоднородному распределению намагниченности. Их структура имеет «петлеобразный» характер, причем состояния с большим числом «петель» обладают большей энергией. В рамках дискретной модели удается рассмотреть вопрос об устойчивости изучаемых состояний относительно возможных тепловых флуктуаций системы. При этом оказывается, что состояния с небольшими номерами довольно устойчивы. Также в работе исследована возможность генерации возбужденных состояний внешним магнитным полем, в частности, создаваемым конечным числом линейных проводников.

УДК 537.611.3:537.634.2.001

СТРУКТУРА МАГНИТНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ОБЛАСТИ  
ДЕФЕКТА ОДНООСНОГО ФЕРРОМАГНЕТИКА

Сайфуллин Р.М., Магадеев Е.Б.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одной из наиболее актуальных задач современной теоретической физики является проблема построения теории фазовых переходов в реальных кристаллах. Среди факторов, отличающих реальный кристалл (под ними мы понимаем такие, которые наблюдаются в эксперименте) от идеализированных моделей, особое место занимают дефекты различной природы. Известно, что их наличие в объеме кристалла может существенно повлиять на его магнитные свойства. Более того, многие характеристики магнетиков, важные для их технического применения, не могут быть оценены с использованием идеализированных моделей даже по порядку величины. В то же время простейшие модели дефектов, в которых не рассматривается конкретное распределение намагниченности, также не дают приемлемого согласия с экспериментом, что и обуславливает необходимость изучения структуры и свойств магнитных неоднородностей, зарождающихся в области дефектов.

В данной работе изучается одноосный ферромагнетик, содержащий уединенный дефект типа пластинчатого магнитного включения, характеризующийся скачкообразным изменением значений материальных параметров на границах дефекта. Структура магнитных неоднородностей была смоделирована путем численного интегрирования уравнений Эйлера-Лагранжа, определяющих условие минимума полной энергии магнетика. При этом удалось показать, что существует два типа подобных структур, отличающихся амплитудой: в первом случае она может быть сколь угодно мала, во втором же не может быть меньше значения  $\rho$ .

УДК 537.611.3:537.634.2.001

## ОДНОРОДНЫЕ МАГНИТНЫЕ СОСТОЯНИЯ ПЛАСТИНЫ (210)

Султанова Э.З., Вахитов Р.М.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Известно, что чувствительность гранатовых пленок в качестве магнитооптических визуализаторов определяется их кристаллической симметрией, которая в свою очередь зависит от ориентации подложек, используемых в процессе роста граната. В этой связи пленки граната, выращенные на [210]-ориентированных подложках, представляют собой особый практический интерес благодаря возможности существования в них легкой плоскости, все направления намагниченности в которой оказываются равноправны. Данная работа посвящена изучению статических свойств пленок указанной симметрии, в частности, ориентационно-фазовой диаграммы, показывающей условия существования и устойчивости тех или иных магнитных фаз.

Устойчивые однородные состояния, возможные в ферромагнитном образце, могут быть определены путем минимизации плотности его энергии, выраженной как функция полярного и азимутального углов вектора намагниченности (мы предполагаем, что его абсолютная величина известна и равна намагниченности насыщения). Это может быть осуществлено путем отыскания экстремумов указанной функции с последующей проверкой условий минимума, налагаемых на значения ее вторых производных. Если какая-то из найденных фаз задается значением лишь одного из углов (в общем случае – необязательно одного из введенных выше), то она соответствует искомой легкой плоскости, определяя, таким образом, область значений материальных параметров, наиболее интересную с точки зрения технического применения изучаемых гранатовых пленок.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН  
НА НЕЛИНЕЙНЫЕ МАГНИТНЫЕ НЕОДНОРОДНОСТИ В  
АВТОРЕЗОНАНСНОМ РЕЖИМЕ КОЛЕБАНИЙ

Цветанский А.С., Харисов А.Т.

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

В работе исследуется движение магнитного бризера в поле звуковой волны при наличии переменного магнитного поля. Согласно [1], для описания влияния акустических волн на легкоплоскостной ферромагнетик, можно использовать возмущенное уравнение синус-Гордона в форме:

$$u_{tt} - u_{xx} + \sin u = 2h_0 \frac{u}{2} - \beta u_t + b \frac{\partial e_x}{\partial x} \sin u. \quad (1)$$

Последнее слагаемое в правой части зависит от формы и амплитуды волны. Здесь  $h_0$  – нормированная напряженность внешнего магнитного поля,  $\beta$  – константа диссипации,  $b$  – магнитоупругая постоянная. Так как в работе рассматривались синусоидальные звуковые волны, то полагаем, что  $e_x = e_0 \cos(kx - \omega t)$ . Решение данного уравнения в форме малоамплитудного бризера с параметрами как функциями времени и координат можно найти, используя теорию возмущений, что и было проделано в работе [2]. Решение находится из системы 4-х интегро-дифференциальных уравнений. Анализ упрощенного вида этих уравнений в [3] допускает, при определенной комбинации параметров, решения авторезонансного типа [4], т.е. с растущей во времени амплитудой колебаний. В работе проводится анализ решений на возможность наличия авторезонансного роста амплитуды колебаний магнитного бризера.

#### Литература

1. G.A. Maugin and A. Miled. Phys. Rev. B **33**, 4830 (1986).
2. В.И. Карпман, Е.М. Маслов, В.В.Соловьев. Письма в ЖЭТФ. **84**, 289 (1982).
3. А.Т. Kharisov, М.А. Shamsutdinov, L.A. Kalyakin. Moscow international symposium on magnetism. Book of abstracts, Moscow, p. 120 (2008).
4. Л.А. Калякин. УМН. **63**, № 5, 4 (2009).

## СВОЙСТВА ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ РАЗЛИЧНОЙ ТОПОЛОГИИ В ПЛОТНЫЕ (III) В ПОПЕРЕЧНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ.

Вахитов Р.М., Ряхова А.Г.  
БашГУ, г. Уфа, Россия

Исследования показывают [1], что доменная структура в кристаллах ферритов-гранатов имеет нетривиальную топологию, что связано с наличием в них двух типов анизотропий различной симметрии: одноосной и кубической. Теоретический анализ магнитных неоднородностей, возможных в этих магнетиках, выявил наряду с ожидаемыми и другие типы доменных границ (ДГ), например 0-градусные ДГ ( $0^\circ$ - ДГ) [2]. Как показывают расчеты [3],  $0^\circ$ - ДГ является наиболее приемлемым модельным представлением зародышей новой фазы при анализе процессов спиновой переориентаций в ограниченных ферромагнетиках, содержащих дефекты. Кроме того, было показано, что эти неоднородности можно использовать и при изучении процессов намагничивания и перемагничивания реальных кристаллов[4]. Однако, эти исследования носят частный характер, поскольку в них рассматривалось влияние на образец только продольных магнитных полей (направленных в плоскости ДГ).

С этой целью в работе изучается структура и свойства  $180^\circ$ - и  $0^\circ$ -ДГ в кубическом ферромагнетике с наведенной вдоль оси (III) одноосной анизотропией в поперечном магнитном поле. В термодинамическом потенциале такого магнетика наряду с обменным взаимодействием (A), наведенной одноосной ( $K_u$ ) и кубической ( $K_1$ ) анизотропиями учитывались и магнитостатическая энергия объёмных зарядов, локализованных в ДГ, а также зеемановское взаимодействие. Решая соответствующие уравнения Эйлера – Лагранжа в приближении малости полей было показано, что в поперечном магнитном поле в отличие от продольных меняется топология обоих типов ДГ: их структуры из блоховской трансформируются в квазиблоховскую. Приведены численные и аналитические решения для соответствующих структур, а также определены области их устойчивости.

- 1.Кандаурова Г.С., Памятных Л.А. ФТТ. – 1989, т.31,№8–с.132-138
- 2.Сабитов Р.М., Вахитов Р.М. Изв. ВУЗов. Физика – 1988.т31,№8–с.51-56
- 3.Вахитов Р.М., Юмагузин А.Р. ФТТ. – 2001. т. 43,№ 1.– с.65–71
- 4.Вахитов Р.М., Юмагузин А.Р. ФММ. – 2008. т.106,№ 5.–с.460-464



**СЕКЦИЯ «ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ И  
АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ В НАНО- И  
МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ»**

УДК 004.932.2

**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НЕЧЕТКОГО  
КЛАССИФИКАТОРА ЛАБИРИНТНЫХ ДОМЕННЫХ СТРУКТУР**

Брагин А.В., Логунов М.В., Пьянзин Д.В., Трифонов А.А.  
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва,  
г. Саранск, Россия

Системы компьютерного зрения находят широкое применение при проведении научных исследований [1] для автоматизации экспериментов, повышения точности и т.д.

В данной работе представлена математическая модель нечеткого классификатора [2] лабиринтных доменных структур. Модель позволяет распознавать круглые, эллиптические, гантелеобразные, полосовые и ветвистые элементы в изображениях структур.

При распознавании структур применялся статистический подход анализа на основе морфологических признаков объекта - коэффициентов формы. Нами были проанализированы несколько сотен изображений различных лабиринтных доменных структур с использованием среды MatLab. В результате анализа в качестве информативных признаков для распознавания объектов в лабиринтных структурах были выбраны коэффициенты округлости и заполнения.

Результаты анализа экспериментальных данных учтены при разработке и обучении математической модели нечеткого классификатора лабиринтных доменных структур. На базе математической модели нечеткого классификатора разработано и протестировано программное обеспечение, позволяющее анализировать изображения структур, состоящие из тысяч элементов.

Разработанная модель и программное обеспечение могут быть использованы для анализа изображений различного происхождения, имеющих в своем составе круглые, эллиптические, гантелеобразные, полосовые и ветвистые объекты.

1. Gonzalez, R.C. Digital Image Processing using MATLAB / R. C. Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Eddins. - Pearson Education. 2004. - 609 p.
2. Штовба, С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УПРУГОСТИ  
ПОВЕРХНОСТИ ПО ДАННЫМ ПОЛУКОНТАКТНОГО РЕЖИМА АСМ

Петров А.Б., Гоц С.С., Бахтизин Р.З.

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

В работе [1] был предложен метод расчета вязкоупругих характеристик поверхности твердотельных образцов на основе данных, полученных по результатам измерения в полуконтактном режиме работы атомно-силового микроскопа (АСМ). Там же была проведена оценка методической погрешности определения модуля Юнга поверхности.

При косвенных измерениях полная погрешность определяется с помощью функций чувствительности по величинам отклонений непосредственно измеряемых величин. Как видно из экспериментальных данных, отклонение величины деформации составляет около 10%, примерно такое же отклонение имеют эффективная частота и эффективное затухание. Поэтому для оценки полной погрешности предлагаемого метода на полученные выше с помощью моделирования «экспериментальные данные» накладывался белый шум с дисперсией 10%, после чего с помощью интегральных уравнений рассчитывались исходные параметры моделирования. Полученная полная погрешность составляла 6%, в отличие от полученной ранее цифры 2% в отсутствии белого шума.

Используя уравнения [1] по результатам измерения в полуконтактном режиме АСМ было найдено, что модуль Юнга поверхности образцов полиэтилена высокого давления (ПЭВД) составляет на глубине 4 нм величину 0.06 ГПа. Кантилеверы перед расчетом не калибровались, использовались справочные значения их параметров. По справочным данным объемное значение модуля Юнга образцов ПЭВД при изгибе составляет 0.1 ГПа. Для некалиброванных кантилеверов это хорошее совпадение. Тем не менее, была проведена дополнительная проверка, заключающаяся в определении модуля Юнга поверхности образцов ПЭВД по данным контактного режима АСМ — по кривым подвода — отвода  $Dfl(Z)$ . Использовались кантилеверы из той же партии, которые использовались для измерений в полуконтактном режиме. Полученное значение модуля Юнга на глубине 4 нм составляет 0.053 ГПа, что отличается от результата в полуконтактном режиме на 11%.

1. Петров А.Б. Метрология №4 (2009).

УДК 621.317.772

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЦИФРОАНАЛОГОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ – НОВАЯ ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Сапельников В.М.

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

Рассматриваемые в докладе функциональные цифроаналоговые преобразователи (ФЦАП) являются новой элементной базой микро- и нанoeлектроники. Применение ФЦАП позволило создать новый класс приборов – цифруправляемые калибраторы фазы. Благодаря своей технологичности цифруправляемые калибраторы фазы являются не только образцовой аппаратурой, но и должны найти широкое применение в системах электроники, автоматики, радиотехники. В том числе известно их применение при разработке сигнальных процессоров. ФЦАП позволили впервые создать принципиально новый способ умножения частоты с цифровым управлением.

В докладе рассмотрены, разработанные автором способы построения ФЦАП. При создании ФЦАП применяются различные способы аппроксимации реализуемых функциональных зависимостей – кусочно-линейная аппроксимация, полиномиальная аппроксимация, аппроксимация кубическими сплайнами. Для всех способов аппроксимации найдены оригинальные технические решения. В докладе рассмотрена схематехника ФЦАП и приводится подробный анализ их метрологических характеристик.

В качестве примера применения ФЦАП рассмотрены два способа построения цифруправляемых калибраторов фазы. Первый из них – калибратор фазы на базе синусно-косинусных ФЦАП с кусочно-линейной аппроксимацией. Этот калибратор фазы является дискретным аналогом классического синусно-косинусного потенциометрического фазовращателя. И второй способ построения цифруправляемого калибратора фазы – это калибратор фазы с линейным преобразованием управляющего кода в угол фазового сдвига. В последнем случае создаются ФЦАП, использующие каскадное соединение стандартных линейных ЦАП, что делает все устройство технологичным и позволяет выполнять ФЦАП в виде микросборок.

## МАГНИТООПТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГИСТРАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ДОМЕННЫХ СТРУКТУР

Спирин А.В., Герасимов М.В., Горин А.М., Атласов В., Логунов М.В.

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва,

г. Саранск, Россия

Возрастание количества измерений, повышение требований к точности, использование математических методов обработки результатов измерений приводит к значительному росту трудоемкости измерений и требует создания автоматизированных средств измерений. Примером являются процессы самоорганизации доменных структур в магнитофотонных кристаллах, для формирования и изучения которых необходимо варьировать несколько параметров воздействия [1-2]: поле смещения  $H_b$ , импульсное магнитное поле  $H_p$ , число импульсов поля  $H_p$ .

В настоящей работе представлена установка для автоматической регистрации доменных структур в процессе сканирования по параметрам  $H_b$  и  $H_p$ . Поля  $H_b$  и  $H_p$  ориентированы по нормали к поверхности образца и при определённом сочетании их параметров возможно формирование упорядоченных двумерных доменных структур. Для обеспечения одинаковых начальных условий образования доменных структур перед проведением каждого экспериментального цикла образец подвергается процедуре размагничивания.

В состав установки входят измерительные приборы, имеющие интерфейс удалённого управления. На базе рабочей станции NI ELVIS реализованы источник тока с изменяемой полярностью для создания  $H_b$  и управляемый генератор импульсов для создания  $H_p$  совместно с генератором прямоугольных импульсов Avtech AVR-7A-B. Фотографии доменной структуры регистрируются при помощи USB-видеокамеры. Программное обеспечение для управления входящими в установку физическими приборами и объединения всех компонентов установки в единое целое реализовано в виде виртуального прибора, разработанного при помощи среды программирования LabVIEW [3].

1. E. Ascitutto, C. Roland, and C. Sagui. Phys. Rev. E 72, 021504 (2005).
2. K. Kudo and K. Nakamura. Phys. Rev. 76, 036201 (2007).
3. Р.Ш. Загидуллин. LabVIEW в исследованиях и разработках. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 352 с.

УДК 519.688

## ФИЛЬТРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ МЕТОДОМ НЕЛОКАЛЬНОГО СРЕДНЕГО

Тарасов Е.А., Волков Ю.А.

Саратовский филиал Института радиотехники и электроники

им. В.А. Котельникова РАН, Саратов, Россия

При исследовании углеродных наноструктур средствами растровой электронной микроскопии (РЭМ) получающиеся изображения имеют значительный уровень шума, обусловленного малой (атомарной) толщиной графитовых структур и низким коэффициентом выхода вторичных электронов для графита (по сравнению с металлами). Наличие шума препятствует использованию различных методов обработки, повышающих разрешение (например, операция деконволюции [1]). Следовательно, перед использованием алгоритмов повышения разрешения полученных РЭМ-фотографий необходимо провести их очистку от присутствующих шумов. С этой целью в среде VisualStudio 2008 нами разработана программа, позволяющая осуществлять фильтрацию шумов РЭМ-изображений методом нелокального усреднения Non local means (NLM) [2].

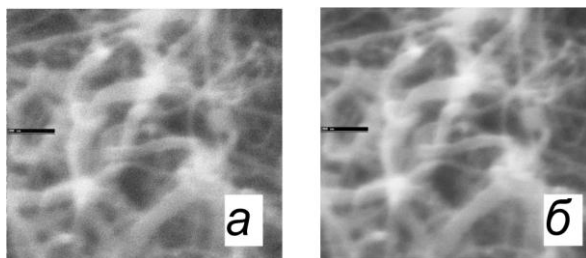


Рис. 1 РЭМ-изображения углеродных нанотрубок

На рис. 1,а представлено исходное РЭМ-изображение углеродных нанотрубок. На рис. 1,б приведено изображение, отфильтрованное методом NLM с использованием данной программы. Видно, что шум практически устранен при сохранении мелких деталей изображения.

### Литература

1. Lang L., Xu Y. IEEE Signal Proc. Lett., Vol. 10, № 5 (2003). P. 129-132.
2. D. van de Ville, Kocher M. IEEE Signal Proc. Lett., Vol. 16, № 11 (2009). P. 973-976.

УСТАНОВЛЕНИЕ МЕХАНИЗМА ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ  
СВЕРХСТРУКТУРЫ АДАТОМОВ В СИСТЕМАХ  
ЭЛЕКТРОПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ АДСОРБАТ-ПОДЛОЖКА НА ОСНОВЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Хубежов С.А., Тваури И.В., Кодзасова А.С, Туриев А.М.,  
Цидаева Н.И., Магкоев Т.Т.

ФГБОУ ВПО «Северо-Осетинский государственный университет имени  
К.Л. Хетагурова», Владикавказ

Физико-химические свойства наноразмерных систем во многом определяются атомной структурой их поверхности, что определяет высокую востребованность структурно-чувствительных методов при изучении наносистем [1]. Для получения наиболее достоверной структурной информации необходимо применение не одного, а нескольких взаимодополняющих методов, в частности, сканирующей туннельной и атомно-силовой микроскопии, дифракции медленных и быстрых электронов, фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением и т.д. Тем не менее, для однозначной структурной идентификации, даже комплексное применение таких методов не может быть признано достаточным ввиду разрушающего характера практически всех используемых к настоящему времени методов. В связи с этим была построена модель процесса упорядочения субмонослойных адсорбированных пленок электроположительных адатомов на поверхности атомно-чистых плотноупакованных граней кристаллов гексагональной симметрии. Прототипами таких систем являются, в частности, атомы щелочных и щелочно-земельных металлов (Li, K, Na, Sr, Ca, Ba) на поверхности W(110), Ta(110), Mo(110), Re(1000). Результат компьютерного моделирования выявил, что наиболее стабильной является структура  $c(2 \times 2)$ , соответствующая наименьшему значению удельной энергии адсорбированной субмонослойной пленки.

#### Литература

1. J.M. Allen, Surf. Sci. Reports V. 68, No 1-3, (2010) P. 136-174.
2. J.T. Yates, Jr. Progr. Surf. Sci, V. 73, No 2 (2009) P. 1-23.

Импульсные методы ввода энергии в мишень-образец имеют ряд преимуществ. При получении нанопорошков в ИЭФ пользуются следующими методами: электрического взрыва проволоки, испарением мишени излучением лазера, испарением мишени импульсным электронным пучком [1-4]. Полученные нанопорошки являются «сырьём» для получения и создания: конструкционной высокопрочной керамики; элементов и деталей твердооксидных топливных элементов; катализаторов и т.п.

В настоящей работе представлены результаты анализа нанопорошков просвечивающей электронной микроскопией высокого разрешения с  $\text{LaB}_6$  катодом при ускоряющем напряжении 200 кВ с разрешением по точкам 0.19 нм и по линиям 0.14 нм. Исследовалась морфология, фазовый и химический состав нанопорошков. В режиме растрового просвечивающего микроскопа энергодисперсионным рентгеновским микроанализом был определен химический состав исследуемых образцов с размером зонда порядка 1 нм. Программа Gatan Digital Micrograph версии 1.4.3 использовалась для количественной обработки и интерпретации электронно-микроскопических изображений с высоким разрешением, электронограмм и Фурье образов картин с атомным разрешением.

#### Литература

1. Котов Ю.А. Электрический взрыв проволоки – метод получения слабоагрегированных нанопорошков, Российские нанотехнологии. 2009. Т. 4. № 1-2. С. 40-51.
2. Osipov V., Kotov Yu., Ivanov M., Samatov O., Lisenkov V., Platonov V., Murzakaev A., Medvedev A. and Azarkevich E., Laser synthesis of nanopowders, Laser Physics. 2006. vol. 16. No 1. pp. 116-125.
3. Ильвес В.Г., Соковнин С.Ю., Получение нанопорошков ZnO и Zn-ZnO методом испарения импульсным пучком электронов в газе низкого давления, Российские нанотехнологии. Т. 6, № 1-2, 2011. С. 128- 135.
4. Котов Ю.А., Саматов О.М., Иванов М.Г., Медведев А.И., Мурзакаев А.М., Дёмина Т.М., Тимошенкова О.Р., Вьюхина И.В., Получение композиционных нанопорошков с помощью волоконного иттербиевого лазера и их характеристики, ЖТФ, 2011, т. 81, в. 5, с. 65-68.

ОЦЕНКА СВЯЗАННЫХ С ЭФФЕКТАМИ КВАНТОВАНИЯ  
ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ С ПОМОЩЬЮ  
АТОМНО-СИЛОВОГО МИКРОСКОПА

Гоц С.С., Бахтизин Р.З., Журавлев Г.И.

Башкирский государственный университет. г. Уфа, Россия

При измерении расстояний с помощью современных атомно-силовых микроскопов возникают специфические погрешности, обусловленные эффектами квантования. Хотя погрешности данного вида обозначены в пункте приложения А.1.4 ГОСТ Р 8.563-2009 [1], фактический их учет осуществляется далеко не в полной мере [2]. По данной погрешности в первую очередь должны быть учтены метрологические факторы, связанные с применением дискретных кодов и цифровой измерительной техники. В этом случае необходимо учитывать 12 видов погрешностей [3]: 1) Эффект наложения частот, элайзинг; 2) Шумы квантования по уровню сигналов; 3) Апертурные искажения; 4) Краевые искажения; 5) Погрешности интерполяции и экстраполяции; 6) Эффект частотола; 7) Нестабильность тактовой частоты и дрожание фазы, джиттер; 8) Дополнительные задержки. Временные ловушки; 9) Потери информации, связанные с компрессией ее объема; 10) Погрешности передискретизации во времени; 11) Погрешности передискретизации по уровню; 12) Дифференциальные нелинейности АЦП и ЦАП.

Рассмотрение всех перечисленных выше погрешностей актуально в плане метрологического обеспечения методики измерений практически на всех современных атомно-силовых микроскопах с цифровой обработкой изображений [2]. Наиболее детально в данной работе анализируются погрешности, связанные с эффектами квантования цифровых сигналов в атомно-силовых микроскопах.

#### Литература

1. ГОСТ Р 8.563-2009.- Методики измерений. М.: Стандартинформ, 2010.
2. Гоц С.С., Бахтизин Р.З., Журавлев Г.И., Севницкий С.А. Тезисы докладов 5-й школы «Метрология и стандартизация в нанотехнологиях и nanoиндустрии. функциональные наноматериалы». – Черноголовка, 2012. – С. 25
3. Гоц С.С. Основы построения и программирования автоматизированных систем цифровой обработки сигналов. – Уфа: РИО БашГУ, 2009. – 221 с.



**СЕКЦИЯ «ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ:  
ЭЛЕКТРОННЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, МЕТОДЫ  
ФОРМИРОВАНИЯ»**

УДК 544.427

**CORE LEVEL PHOTOELECTRON SPECTROSCOPY OF COMPLEX  
THIOGALLATES AND Ga-S BONDING**

Atuchin V.V.

Laboratory of Optical Materials and Structures, Institute of Semiconductor  
Physics, SB RAS, Novosibirsk 630090, Russia

The sulfide crystals are widely used in nonlinear optics for frequency conversion and in optoelectronics. The electronic parameters measured by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) for sulfides are very scarce in literature. However, several compounds containing Ga and sulphur as a ligand were earlier observed with XPS that opens a possibility for comparative analysis of Ga-S bonding parameters. When metal interacts with sulphur, great redistribution of electronic density occurs as a shift of valence electrons from metal atom to sulphur resulting in noticeable variations of electronic structure of inner shells of cation and anion. The equilibrium state of valence electron transfer achieved by crystal lattice formation can be effectively described by mean chemical bond length  $L(M-S)$  between metal M and sulphur ions. This bond-related parameter can be calculated from crystal structure data [1,2]. The set of Ga-bearing sulphides, for which the element core level binding energies (BE) were earlier reported, was collected and plotted. All the compounds, excepting  $AgCd_2GaS_4$  ( $Pmn2_1$ ), form a cluster with  $L(Ga-S) = 227.6-228.8$  pm. The value of  $L(Ga-S)$  is noticeably greater in  $AgCd_2GaS_4$  and, respectively, ionicity of Ga-S bonds is lower in this crystal compared to that in other evaluated thiogallates. As a result, the value  $\Delta_{2p}(S-Ga) = BE(S\ 2p) - BE(Ga\ 3d) = 142.3$  eV is highest for  $AgCd_2GaS_4$  confirming lower chemical shift of energy position of Ga 3d core level on sulfide bond formation. The example of thiogallates confirms great potential of XPS as a sensitive instrument for an observation of bonding effects, ionicity in particular, in selected chemical class of NLO complex inorganic compounds [2].

1. N.V. Pervukhina, V.V. Atuchin, O.V. Parasyuk, *Acta Cryst. E* 61, i91-i93, (2005).

2. V.V. Atuchin, V.Z. Pankevich, O.V. Parasyuk, N.V. Pervukhina, L.D. Pokrovsky, V.G. Remesnik, V.N. Uvarov, V.I. Pekhnyo, *J. Cryst. Growth*, 292, 494-499, (2006).

УДК 536.46

GROWTH BEHAVIOR, SURFACE STRUCTURE AND OPTICAL  
CONSTANTS OF NANOCRYSTALLINE YTTRIUM OXIDE THIN FILMS

Atuchin V.V.<sup>1</sup>, Kruchinin V.N.<sup>2</sup>, Ramana C.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratory for Optical Materials and Structures, Institute of Semiconductor  
Physics, SB RAS, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Laboratory for Ellipsometry of Semiconductor Materials and Structures,  
Institute of Semiconductor Physics, SB RAS, Novosibirsk 90, 630090, Russia

<sup>3</sup>Department of Mechanical Engineering, University of Texas at El Paso,  
El Paso, Texas 79968, USA

Yttrium oxide ( $Y_2O_3$ ) has received significant attention in recent years in view of its possible integration into a wide range of scientific and technological applications.  $Y_2O_3$  films exhibit excellent electronic properties such as transparency over a broad spectral range (0.2–8  $\mu\text{m}$ ), high dielectric constant ( $\sim 14$ –18), high refractive index ( $\sim 2$ ), large band gap ( $\sim 5.8$  eV), low absorption (from near-UV to IR), and superior electrical break-down strength ( $>3$  MV/cm). These properties make  $Y_2O_3$  films interesting for various electrical, optical and electro-optic devices. In addition, lattice mismatch and low leakage current with silicon (Si) substrates opens several other avenues to integrate the material with Si-based devices for emerging nanotechnology. Therefore, controlled growth and manipulation of microstructure, particularly at the nanoscale dimensions, has important implications for the design and applications of  $Y_2O_3$  films. The present work was performed on the growth and optical characterization of nanocrystalline  $Y_2O_3$  films made by magnetron sputter-deposition. We found, through an examination employing structural and optical analytical tools, that there exists a correlation between the microstructure and optical properties, specifically the grain-size dependent optical constants and their dispersion profiles.

Inorganic crystalline phosphates are of great importance for modern nonlinear optics, electronics, catalysis and geology. Compounds from  $\text{KTiOPO}_4$  (KTP) crystal family are applied for high-efficiency frequency conversion of laser illumination in visible and IR spectral ranges. Great abundance of phosphate minerals are found in nature and widely used in industry. Numerous phosphates with apatite structure are employed in medicine as stable protective coatings of bioimplantants. Several phosphate crystal matrices are considered as promising mediums for effective immobilization of high-activity nuclear wastes. In all the cases mentioned above the crystal surface structural and electronic parameters are of principal importance for detailed evaluation of functional properties of the materials.

In present study the available experimental results on determination of the binding energy of photoelectrons emitted from P 2s and O 1s core levels as measured with X-ray photoelectron spectroscopy has been observed for a wide suite of inorganic phosphate crystals. The parameters have been compared using the binding energy difference  $\Delta(\text{O } 1s - \text{P } 2s)$  as most robust characteristic to see the valence electron transfer rate in complex crystal lattice. Mean chemical bond length  $L(\text{P-O})$  between phosphorus and oxygen atoms has been taken as a structure-related parameter. Linear dependence of the binding energy difference on  $L(\text{P-O})$  has been found as  $\Delta(\text{O } 1s - \text{P } 2s) \text{ (eV)} = 320.77 + 0.129 \cdot L(\text{P-O}) \text{ (pm)}$ . The dependence is general for inorganic phosphates and may be used in quantitative component analysis of X-ray photoemission spectra of complex phosphate oxides including functional groups with different coordination of P and O atoms.

FERROELECTRIC TITANATE Pr<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>7</sub>: IR, RAMAN AND XPS  
SPECTROSCOPYAtuchin V.V.<sup>1</sup>, Gavrilova T.A.<sup>2</sup>, Grivel J.-C.<sup>3</sup>, Kesler V.G.<sup>4</sup>, Troitskaia I.B.<sup>1</sup><sup>1</sup>Laboratory of Optical Materials and Structures, Institute of Semiconductor Physics, SB RAS, Novosibirsk 90, 630090, Russia<sup>2</sup>Laboratory of Nanodiagnosics and Nanolithography, Institute of Semiconductor Physics, SB RAS, Novosibirsk 90, 630090, Russia<sup>3</sup>Materials Research Division, National Laboratory for Sustainable Energy, Technical University of Denmark, Frederiksborgvej 399, DK-4000, Roskilde, Denmark<sup>4</sup>Laboratory of Physical Bases of Integrated Microelectronics, Institute of Semiconductor Physics, SB RAS, Novosibirsk 90, 630090, Russia

Rare-earth dititanates Ln<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (Ln = La, Ce, Pr, Nd) with a low-symmetry crystal structure in polar space group *P2*<sub>1</sub> possess interesting ferroelectric, nonlinear optical, dielectric and photocatalytic properties. The properties of Pr<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (PTO), however, are less studied and should be completed. The present study is aimed at a synthesis of a high quality sample of PTO and evaluation of micromorphology, spectroscopic parameters and electronic structure of this intriguing titanate.

A powder sample of PTO was prepared by solid state synthesis from a stoichiometric mixture of high purity simple oxides. XRD patterns were recorded with a STOE diffractometer using Cu K $\alpha$  radiation. Cell parameter calculations were performed by the least square fit method. Micromorphology of the PTO crystals was observed by SEM with the help of LEO 1430 device. IR spectra were recorded over the range of 500-1500 cm<sup>-1</sup> using INFRALUM FT-801 (LUMEX, Russia). Raman spectrum of the PTO powder was measured using RFS-100s spectrometer (Bruker) over the range of 0–1000 cm<sup>-1</sup>. The observation of electronic parameters of PTO was produced using surface analysis center SSC (Riber) with XPS method. The PTO powder is formed by uniform roundish coalescent grains of ~1  $\mu$ m in diameter. IR spectrum of PTO crystals over 500-1500 cm<sup>-1</sup> spectral region have been measured. Raman spectrum recorded for PTO crystals contains a lot of sharp lines and individual Raman lines are as narrow as ~5 cm<sup>-1</sup>. All the spectral features recorded by XPS are attributed to the constituent element core levels or Auger lines.

УДК 621.391.63

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИДЕАЛЬНОГО ПЛАНАРНОГО ОПТИЧЕСКОГО РАЗВЕТВИТЕЛЯ ГРЕБНЕВОЙ СТРУКТУРЫ

Балашов А.С., Лопатюк А.В.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия.

В работе исследуется математическая модель идеального планарного оптического разделителя мощности гребенчатой структуры с количеством каналов 1x10. Структура имеет ряд преимуществ перед пленочными волноводами, нагруженными полоской и подобными конструкциями, основное из которых заключается в том, что в таком волноводе ослаблены требования к гладкости боковых стенок. Это значительно снижает потери на рассеяние.

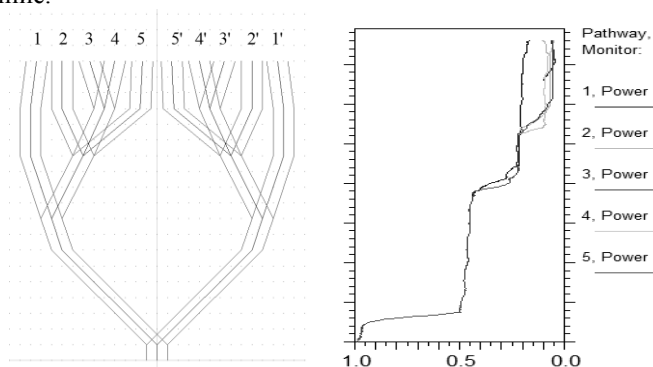


Рис. 1 а) модель полученного разветвителя 1x10; б) диаграмма распределения выходной мощности по каналам разветвителя

На рис. 1,а представлена структура полученного в ходе работы разветвителя, имеющего симметричное относительно продольной оси строение. На рис.1,б изображено распределение мощности относительно полюсов разветвителя. В целом градиент мощности между полюсами составил не более 10%, что говорит о достаточно равномерном распределении мощности на выходе устройства. Применение полученного разветвителя определяется использованием в составе малогабаритных устройств интегральной оптики, разрабатываемых в основном для систем световодной связи. В перспективе возможно использование устройства в структуре оптических датчиков, сенсорных и вычислительных систем.

### Литература

1) Планарные и волоконные оптические волноводы/ Х. –Г. Унгер. – М.: Мир, 1980. – 654 с.

УДК 538.9

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУР ГЕРМАНИЯ В МАТРИЦЕ  
ПОРИСТОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Бельтюков А.Н.

Физико-технический институт УрО РАН, Ижевск

В настоящее время, значительный интерес вызывают упорядоченные массивы полупроводниковых наноструктур, которые находят применение в нанoeлектронике и нанofотонике [1, 2].

В работе представлен способ формирования наноструктур германия методом термического напыления на матрицу пористого оксида алюминия. Пористый оксид образуется при электролитическом окислении алюминия. Пory имеют цилиндрическую форму, располагаются в гексагональном порядке в пределах зерна. Их диаметр, в зависимости от используемого электролита и приложенного напряжения, варьируется от 5 нм до 10 мкм, что представляет широкие возможности для формирования геометрии наноструктур. В процессе напыления на пористые матрицы распыляемый материал оседает на стенки пор, постепенно заполняя их и образуя наноструктуры. В зависимости от диаметра пор, количества осажденного материала и условий напыления возможно формирование различных типов наноструктур: наноточек, наноколец или нанонитей [3].

Сформированные в матрице пористого оксида алюминия наноструктуры германия исследовались методами электронной микроскопии, рентгеновской дифракции, EXAFS-спектроскопии.

Работа выполнена в рамках проекта молодых ученых и аспирантов УрО РАН № 11-2-НП-411, Государственного контракта с Миобрнауки РФ № 16.513.11.3043, проекта УрО РАН № 12-С-2-1024.

1. T. Lu, S. Dun, Q. Hu, S. Zhang, Z. An, Y. Duan, S. Zhu, Q. Wei, L. Wang Ge nano-layer fabricated by high-fluence low-energy ion implantation // NIM B, 250 (2006), 183–187;
2. P. Dimitrakis, A. Mouti, C. Bonafos, S. Schamm, G. Ben Assayag, V. Ioannou-Sougleridis, B. Schmidt, J. Becker, P. Normand Ultra-low-energy ion-beam-synthesis of Ge nanocrystals in thin ALD Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> layers for memory applications // Microelectronic Engineering 86 (2009), 1838–1841;
3. Р.Г. Валеев, Д.В. Сурнин, А.Н. Бельтюков, В.М. Ветошкин, В.В. Кривенцов, Я.В. Зубавичус, А.А. Елисеев Н.А. Мезенцев Синтез и исследование структуры упорядоченных массивов нанонитей германия. // Журнал структурной химии. -2010. Т. 51 (Приложение). С. 135-139;

УДК 538.915

## ДВУМЕРНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ГАЗ НА ПОВЕРХНОСТИ $\text{Si}(111)\sqrt{3}\sqrt{3}$ - (Au,Na)

Бондаренко Л.В.<sup>1,2</sup>, Матецкий А.В.<sup>1,2</sup>, Грузнев Д.В.<sup>1,2</sup>, Зотов А.В.<sup>1,2,3</sup>,  
Саранин А.А.<sup>1,2</sup>

1 Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН,  
Владивосток, Россия

2 Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

3 Владивостокский государственный университет экономики и сервиса,  
Владивосток, Россия

Реконструированные металлические слои на полупроводниковых поверхностях привлекают большое внимание из-за их особых электронных свойств. Управление этими свойствами путем контролируемых изменений структуры и состава является перспективной задачей в современной науке.

Помощи сканирующей туннельной микроскопии и дифракции медленных электронов было обнаружено, что адсорбция Na на поверхность  $\text{Si}(111)\sqrt{3}\sqrt{3}$ -Au при  $350^\circ\text{C}$  приводит к удалению доменных стенок и формированию более однородной реконструкции  $\text{Si}(111)\sqrt{3}\sqrt{3}$ -(Au,Na). Как

показали исследования, выполненные с помощью фотоэлектронной спектроскопии, после удаления доменных стенок при адсорбции Na все спектральные особенности становятся более четкими. При

этом зона  $S_1$  поверхностных состояний, которая придает поверхности свойства двумерного электронного газа, имеет поверхность Ферми в виде почти идеальной окружности. Так же происходит дозаполнение зоны  $S_1$  электронами с 0,1 до 0,4 электронов на элементарную ячейку и уменьшение эффективной массы носителей с  $0,3m_e$  до  $(0,12 \pm 0,05)m_e$  из за межзонного взаимодействия.

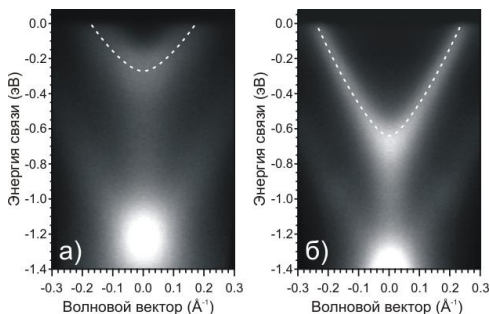


Рис.1 Симметризованные дисперсии зоны  $S_1$  для (а) — исходной поверхности  $\text{Si}(111)\sqrt{3}\sqrt{3}$ -Au и (б) — модифицированной Na поверхности  $\text{Si}(111)\sqrt{3}\sqrt{3}$ -(Au,Na).

УДК 546.273

ТВЕРДОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ И СТРУКТУРА  $K_{2(1-x)}Rb_{2x}Al_2B_2O_7$

Гроссман В.Г.<sup>1</sup>, Базаров Б.Г.<sup>1</sup>, Атучин В.В.<sup>2</sup>,

Базарова Ж.Г.<sup>1</sup>, Молокеев М.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, Россия

<sup>2</sup>Институт физики полупроводников СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>Институт физики СО РАН, Красноярск, Россия

Методом твердофазного синтеза получен новый борат  $KRbAl_2B_2O_7$ . Кристаллическая структура  $KRbAl_2B_2O_7$  определена методом Ритвельда.  $KRbAl_2B_2O_7$  кристаллизуется в тригональной сингонии, пр. гр.  $P321$ ,  $a = 8.6131(2)$ ,  $c = 8.5870(3)$  Å. Кристаллическая структура  $KRbAl_2B_2O_7$  показана на рис. 1. Определён концентрационный диапазон существования твёрдого раствора в квазибинарной системе  $K_2Al_2B_2O_7 - Rb_2Al_2B_2O_7$ . С этой целью были синтезированы соединения составов  $K_{2(1-x)}Rb_{2x}Al_2B_2O_7$  ( $x = 0.25, 0.5, 0.75, 0.9$ ). Установлен предел растворимости Rb в  $K_{2(1-x)}Rb_{2x}Al_2B_2O_7$   $x \sim 0.83-0.9$ . Нелинейно-оптические свойства  $KRbAl_2B_2O_7$  подтверждены порошковым методом Курца-Перри.

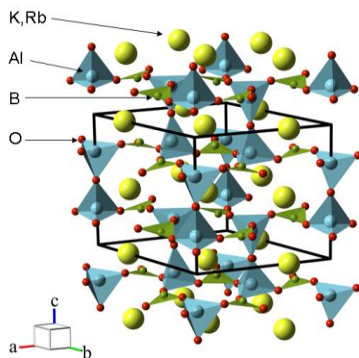


Рис. 1 Кристаллическая структура  $KRbAl_2B_2O_7$  при комнатной температуре

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 11-03-00867а, №11-08-00681а и №12-03-90804-мол\_рф\_нр), гранта Президиума РАН по программе №8 и Междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН №28.*



СИНТЕЗ И СТРУКТУРА  $\text{Cs}_{1.39}\text{Tl}_{0.61}\text{Al}_2\text{B}_2\text{O}_7$ Гроссман В.Г.<sup>1</sup>, Базаров Б.Г.<sup>1</sup>, Атучин В.В.<sup>2</sup>,Базарова Ж.Г.<sup>1</sup>, Молокеев М.С.<sup>3</sup><sup>1</sup>Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, Россия<sup>2</sup>Институт физики полупроводников СО РАН, Новосибирск, Россия<sup>3</sup>Институт физики СО РАН, Красноярск, Россия

Соединения бора представляют существенный интерес благодаря интересным физическим свойствам. В данной работе установлено существование двух новых бората  $\text{Cs}_2\text{Al}_2\text{B}_2\text{O}_7$  и  $\text{CsTlAl}_2\text{B}_2\text{O}_7$ .

Соединения  $\text{Cs}_2\text{Al}_2\text{B}_2\text{O}_7$  и  $\text{CsTlAl}_2\text{B}_2\text{O}_7$  синтезировали твердофазной реакцией, используя стехиометрическую смесь  $\text{CsNO}_3$  (ч.д.а.),  $\text{TlNO}_3$  (ч.д.а.),  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  (ч.) и  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (ос.ч.). Отжиг смеси проводили ступенчато, чтобы избежать выброс реактивов из-за энергичного выделения газов.  $\text{Cs}_2\text{Al}_2\text{B}_2\text{O}_7$  синтезирован в интервале температур 120–600°C,  $\text{CsTlAl}_2\text{B}_2\text{O}_7$  – 120–850°C.

Достижение равновесия контролировали рентгенографически на порошковом автоматическом дифрактометре D8 Advance фирмы "Bruker" ( $\text{CuK}\alpha$ -излучение, графитовый монохроматор).

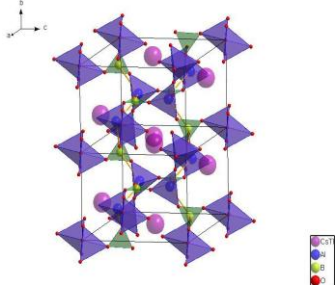


Рис. 1. Кристаллическая структура  $\text{Cs}_{1.39}\text{Tl}_{0.61}\text{Al}_2\text{B}_2\text{O}_7$  при комнатной температуре

Методом Ритвельда уточнена структура  $\text{CsTlAl}_2\text{B}_2\text{O}_7$ . Уточнение заселенностей позиций привело к формуле  $\text{Cs}_{1.39}\text{Tl}_{0.61}\text{Al}_2\text{B}_2\text{O}_7$ .  $\text{Cs}_{1.39}\text{Tl}_{0.61}\text{Al}_2\text{B}_2\text{O}_7$  кристаллизуется в пространственной группе  $P2_1/c$  с параметрами элементарной ячейки:  $a = 6.6669(3) \text{ \AA}$ ,  $b = 7.2991(3)$ ,  $c = 9.3589(4) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 116.6795(18)^\circ$ ,  $V = 406.94(3) \text{ \AA}^3$ . Кристаллическая структура  $\text{Cs}_{1.39}\text{Tl}_{0.61}\text{Al}_2\text{B}_2\text{O}_7$  показана на рис.1.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 11-03-00867а, №11-08-00681а и №12-03-90804-мол\_рф\_нр), гранта Президиума РАН по программе №8 и Междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН №28.*

УДК 621.315.592

## ФОРМИРОВАНИЕ Si КВАНТОВЫХ ТОЧЕК НА Ge (100) и (111)

Зиновьева А.Ф., Степина Н.П., Дерябин А.С., Двуреченский А.В.

Институт физики полупроводников СО РАН, Новосибирск, Россия

В последние годы активно развивается новое научное направление с предполагаемым важнейшим техническим применением – спиновая электроника, или спинтроника [1]. Одним из перспективных материалов для применения в данной области является кремний и гетероструктуры на основе него. Кремниевые квантовые точки (КТ), внедренные в германий, являются естественными локализирующими центрами для электронов. Такая система может послужить элементной базой для воплощения наиболее яркой идеи спинтроники – квантового компьютера.

В работе исследованы режимы роста Si КТ на Ge подложках с ориентацией (100) и (111). Определены условия для создания однородных массивов КТ с высокой плотностью. Получено, что формирование КТ на подложках с ориентацией (100) и (111) происходит существенно разным путем. На подложке Ge (100) даже при достаточно низких температурах роста 350°C-400°C на начальном этапе осаждения Si происходит интенсивное перемешивание Si и Ge, что приводит к формированию относительно толстого слоя SiGe твердого раствора. При температуре 350°C после осаждения 7 монослоев Si начинается переход к трехмерному росту. Всего для формирования однородного массива КТ с плотностью  $\sim 2 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$  требуется около 10-11 монослоев Si. Отношение высоты  $h$  к размеру основания  $l$  составляет  $h/l \sim 0.2$ . Для ориентации подложек Ge (111) перемешивание Si и Ge практически подавлено. Для образования однородного массива КТ с плотностью  $\sim 4 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$  требуется осадить 2 бислоя кремния. Островки характеризуются отношением  $h/l \sim 0.1$ . Исследовано влияние присутствия атомарного водорода на зарождение и состав квантовых точек. Получено, что водород приводит к сильной задержке перехода от двумерного к трехмерному росту. В этом режиме удается осадить двумерные слои толщиной до нескольких десятков монослоев. Рост двумерных слоев сопровождается плавным возрастанием шероховатости поверхности.

### Литература

1. Zutic I., Fabian J., Das Sarma S. Spintronics: Fundamentals and applications. – Reviews of modern physics, 2004, v.76, № 2, pp.323-410

## ВЫПРЯМЛЕНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО ТОКА В СВЕРХРЕШЕТКЕ НА ОСНОВЕ ГРАФЕНА

Завьялов Д.В., Конченков В.И, Крючков С.В,  
Волгоградский государственный социально-педагогический  
университет, Волгоград, Россия

Предложен модельный энергетический спектр сверхрешетки (СР), состоящей из чередующихся полосок щелевой и бесщелевой модификаций графена [1]:

$$E = \Delta \left( f_1 + \sqrt{f_2^2 + f_3^2} p_y d / \hbar^2 + f_4 \sqrt{1 - \cos p_x d / \hbar} / \sqrt{f_2^2 + f_3^2} p_y d / \hbar^2 \right), \text{ где}$$

$\Delta = 0.13 eV$  - полуширина запрещенной зоны щелевой модификации графена (для образца на подложке  $SiC$ ),  $d$  - период СР, а коэффициенты  $f_i$  подбираются численно на основе решения дисперсионного уравнения, выведенного в [1]. Максимальная ширина запрещенной зоны соответствует следующим значениям параметров:  $\hbar v_f / \Delta d = 0.25$ ,  $d_b / d = 0.5$  ( $v_f$  - скорость Ферми,  $d_b$  - ширина барьера). При этом  $f_1 = -0.027$ ,  $f_2 = 0.452$ ,  $f_3 = 0.255$ ,  $f_4 = 0.048$ . Найдена плотность постоянного тока  $j_y$  в направлении, перпендикулярном оси СР, в ситуации, когда на поверхность образца нормально падает эллиптически поляризованная волна, а вдоль оси СР создано постоянное поле:  $E_x = E_c + E_{10} \cos \omega t$ ,  $E_y = E_{20} \cos \omega t + \phi$ . В приближении постоянной частоты столкновений  $\nu$ , ограничиваясь первым порядком по безразмерной напряженности  $F_2$ , получаем ( $\gamma = \nu / \omega$ ,  $F_{1,2} = eE_{10,20} d / (\hbar \omega)$ ,  $F_0 = eE_c d / (\hbar \omega)$ ):

$$j_y = j_0 \cos \phi \cdot F_2 \cdot F_0 \sum_{k=-\infty}^{\infty} J_k F_1 J_{k+1} F_1 - J_{k-1} F_1 \frac{F_0^2 - k^2 + \gamma^2}{F_0 - k^2 + \gamma^2} \frac{F_0^2 + k^2 + \gamma^2}{F_0 + k^2 + \gamma^2}.$$

Рассмотренный эффект связан с неаддитивностью энергетического спектра СР на основе графена ( $T \sim 70 K$ ,  $\gamma \sim 0.1$ ,  $\omega \sim 10^{12} s^{-1}$ ,  $E_c, E_{10} \sim 1 SGSE \text{ units}$ ,  $E_2 \sim 0.1 SGSE \text{ units}$ , концентрация носителей заряда  $n \sim 10^{10} cm^{-2}$ ,  $d \sim 10^{-6} cm$ ).

### Литература

1. П. В. Ратников. Письма в ЖЭТФ 90(6), 515 (2009)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАНАРНОГО  
ИНТЕГРАЛЬНО-ОПТИЧЕСКОГО РАЗВЕТВИТЕЛЯ

Лопатюк А.В.

Башкирский Государственный Университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время актуальной задачей является минимизация компонентов ВОЛС с целью их размещения на оптических интегральных схемах, что позволяет расширять функциональные возможности оборудования.

В данной работе рассматривается многоканальный планарный интегрально-оптический разветвитель 1x8 каналов размером 3x3 мкм. Показатель преломления подложки – 3,385, пленки – 3,59, покрытия – 1. Толщина волноводного слоя – 1,5 мкм.

Принцип работы разветвителя основан на том, что между двумя параллельными волноводами имеет место взаимный обмен световой энергией, если между ними существует слабая связь, возникающая тогда, когда профили волноводных мод в соседних каналах перекрываются.

На рисунке 1 показано как распространяется излучение в разветвителе на длинах волн 1310 и 1550 нм и как распределяется мощность между его выходными каналами.

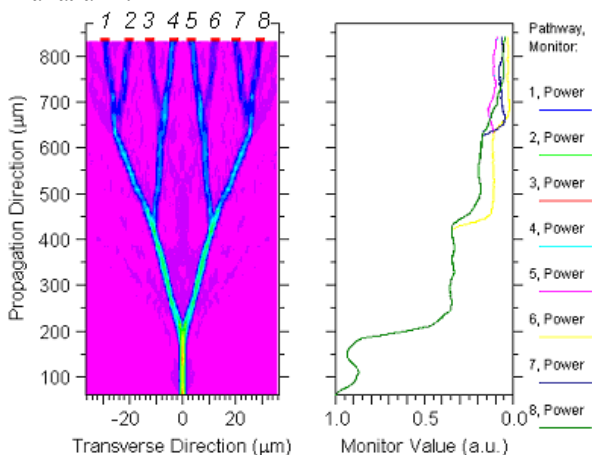


Рис. 1 Распространение излучения в разветвителе 1x8 каналов и распределение мощности по каналам

Дальнейший рост оптических сетей и совершенствование технологий производства оптических разветвителей должны еще больше увеличить их роль в телекоммуникационной отрасли.

УДК 621.315.592

САМООРГАНИЗАЦИЯ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК СУЛЬФИДА СВИНЦА,  
ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИСПАРЕНИЯ  
КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА

Матюшкин Л.Б.<sup>1</sup>, Александрова О.А.<sup>1</sup>, Максимов А.И.<sup>1</sup>, Мараева Е.В.<sup>1</sup>,  
Мошников В.А.<sup>1</sup>, Мусихин С.Ф.<sup>1,2</sup>, Тарасов С.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия,

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,  
Санкт-Петербург, Россия

Целью работы являлась разработка методик синтеза, совмещающих получение коллоидных квантовых точек в водных растворах с одновременной организацией в упорядоченные массивы, необходимой для создания светоизлучающих микроструктур для неинвазивной диагностики биологических тканей спектрального диапазона 0,9-1,7 мкм.

Проведенное исследование массивов квантовых точек сульфида свинца, полученных методом растворной химии, позволило выявить закономерности в самоорганизации частиц при эволюции капли коллоидного раствора на стеклянной подложке в процессе удаления растворителя. Установлено, что в ходе испарения коллоидного раствора с подложки происходит перераспределение частиц образца. Исследование поверхности образцов методами оптической и атомно-силовой микроскопии показало, что агломераты частиц наименьшего размера концентрируются на ободке капли, имеющем радиальную протяженность 150 мкм. Исследование спектров фотолюминесценции показало, что квантовые точки присутствуют во всех областях образца, но наиболее благоприятные условия для формирования люминесцентных слоев, содержащих коллоидные квантовые точки сульфида свинца, были созданы на краю капли, в области тонкого краевого слоя.

*Работа проведена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», 2009-2013 гг.*

УДК 536

ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО  
СУЛЬФИДА МЕДИ

Мунасипов А.З., Киреев Л. Ишембетов Р.Х.

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Халькогениды меди представляют значительный интерес для полупроводниковой электроники в связи с целым рядом их особенностей – это широкая область гомогенности фаз, высокие значения ионной (по меди) и электронной (дырочной) проводимости, коэффициента ионной и электронной термо- эдс, возможность управления физическими свойствами путем контролируемых электрохимических изменений нестехиометричности, простота синтеза и т.д. В ряде устройств указанные материалы уже используются в термоэлектрических преобразователях, химических источниках и т. д., например,  $\text{Cu}_{2-x}\text{S}$  – в качестве *p*-ветвей термоэлектрических генераторов. Ведутся исследования по использованию нанокристаллических частиц  $\text{Cu}_2\text{S}$  в качестве квантовых точек в твердотельных импульсных лазерах.

В исследовании суперионных проводников в последние годы были достигнуты большие успехи. Однако влияние размеров зерен на электронную и ионную проводимость изучено слабо. Обзор литературы по данной тематике показывает, что обычно исследовались образцы с размерами зерен порядка 50-100 мкм в лучшем случае до нескольких микрон, т.е. область меньше микрона оставалась не изученной.

В работе исследована зависимость электронной проводимости от температуры наноструктурированного состава и проведено сравнение с той же зависимостью в крупнозернистых составах. Измерены электронная проводимость и электронная термо - эдс крупнокристаллических и наноструктурированных сульфида меди  $\text{Cu}_{1.9}\text{S}$ .

Литература

1. Полупроводниковые халькогениды и сплавы на их основе / Под. ред. Н.Х.Абрикосова, В.Ф.Банкиной, Л.В.Порецкой и др. - М.: Наука, 1975. - 219 с.

УДК 548,539.12.04

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕЗОПОРИСТОГО ОКСИДА КРЕМНИЯ  
АКТИВИРОВАННЫЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ИОНАМИ

<sup>1,2</sup>Нурахметов Т.Н., <sup>1,2</sup>Кутербекоев К.А., <sup>1,2</sup>Кайнарбай А., <sup>1,2</sup>Жунусбеков А.М.,  
<sup>1,2</sup>Карипбаев Ж.Т.

1. Евразийский Национальный Университет им. Л.Н.Гумилева, г. Астана, Республика Казахстан
2. ТОО «Astana N-Tech»

Оптические свойства мезопористого оксида кремния, активированного редкоземельными ионами, как квантовые точки внедренного в органические соединения могут найти применение в качестве функционального материала для солнечных преобразователей, биометки и др.

В последнее время наметились тенденция использования аналогичных материалов в качестве солнечных концентраторов для фотоэлектрических преобразователей. Солнечные концентраторы преобразуют коротковолновую часть солнечного света в более длинноволновую, то есть часть энергии солнечного спектра из ближней ультрафиолетовой и синей области - в красную область спектра, в которой большинство фотопреобразователей имеет лучшую чувствительности для преобразования светового излучения в электрическую энергию.

Нами изучен люминесцирующий мезопористый коллоид кремния (ЛМКК) в виде частиц размерами (200-300) нм. В не активированном ЛМКК после отжига в температурном интервале (150<sup>0</sup>С - 500<sup>0</sup>С) обнаружена собственная люминесценция матрицы в спектральном диапазоне (350-450) нм. Это излучение эффективно возбуждается из ксеноновой лампы с длиной волны при 320 нм. Предполагается, что при отжиге до 200<sup>0</sup> С в пористом оксиде кремния появляются соединения, имеющие электронные переходы в соответствующем спектральном интервале, которые образуются при длительном отжиге. Природа собственной люминесценции должна быть связана оксидом кремния.

## МОРФОЛОГИЯ И СТРУКТУРА УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Иванов В.В.<sup>1</sup>, Лизунова А.<sup>2</sup>, Мурзакаев А.М.<sup>3</sup>, Тимошенкова О.Р.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Роснано

<sup>2</sup> МФТИ

<sup>3</sup> ИЭФ УрО РАН

Благодаря своим уникальным свойствам углеродные нанотрубки (УНТ) могут найти применение в огромном количестве областей: добавки в полимеры, катализаторы, автоэммиттеры, поглощение и экранирование электромагнитных волн, преобразование энергии, аноды в литиевых батареях, хранение водорода, композиты (заполнители или покрытия), нанозонды, датчики. В последнее время очень активно обсуждается, проводятся экспериментальные работы и проводятся работы по разработке технологии по созданию полевых транзисторов и микросхем на основе УНТ.

Существуют два основных способа получения УНТ: дуговой способ и газофазное химическое осаждение. При синтезе редко получаются в высшей степени однородные структуры. Зачастую это смеси различных наноуглеродных образований с очевидно различными свойствами. Построение графеновых слоёв весьма разнообразно и часто невозможно выявить принадлежность к тому или иному классу УНТ.

Целью представленной работы было изучение морфологии и структуры образцов углеродных нанотрубок просвечивающей электронной микроскопией высокого разрешения с  $\text{LaB}_6$  катодом при ускоряющем напряжении 200 кВ с разрешением по точкам 0.19 нм и по линиям 0.14 нм на приборе JEM 2100.

Определяемые характеристики: средний эффективный внешний  $D_{out}$  и внутренний диаметр  $D_{in}$  нанотрубок, среднее количество слоёв  $N$  в многостенных нанотрубках, численная доля одностенных и двустенных нанотрубок.



УДК 544.344.015.4

ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПРОЦЕССЕ  
НАНОИНДЕНТИРОВАНИЯ

Прокудин С.В., Усеинов А.С., Кириченко А.В.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных  
материалов», Москва, г. Троицк, Россия

Данная работа посвящена исследованию неоднородностей пластической деформации в кремнии, связанных с фазовыми переходами при высоком локальном давлении в условиях нагружения индентором в форме пирамиды Берковича. Работа выполнена на сканирующем нанотвердомере «НаноСкан-3D» [1]. Отличительной особенностью прибора, использованного для проведения эксперимента, является наличие модуля для измерения электрических свойств. Для проведения электрических измерений использовался проводящий индентор из легированного бором монокристалла алмаза. В процессе эксперимента проводилось индентирование монокристаллов кремния марок КДБ-0,1 и КДБ-7,5 с записью зависимости «нагрузка-внедрение» и одновременным измерением силы тока. Максимальная нагрузка, прикладываемая к индентору, составляла 100 мН, напряжение между образцом и индентором +3 В, скорость смещения индентора – 5нм/сек. Полученные результаты демонстрируют корреляцию немонотонностей развития пластической деформации и тока. Данные эффекты проявляются во всплывании и провале индентора, соответственно в фазе нагружения и снятия нагрузки. Появление подобного рода немонотонностей связано с процессами фазовых переходов при высоком давлении [2], что подтверждено с помощью методов рамановской спектроскопии. При локальном давлении порядка 11 ГПа полупроводниковый кремний Si-I переходит в металлический Si-II. Данная фаза не является стабильной и при снятии нагрузки, в зависимости от скорости, образуется аморфный кремний при быстрой разгрузке, а при медленной - образуются поликристаллические фазы Si-III и Si-XII. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного контракта № 16.552.11.7014.

Литература

1. К.В. Гоголинский, В.Н. Решетов, А.С. Усеинов Мир измерений **8**, (2010)
2. Domnic, V. Gogotsi Y. Rev.Adv.Mater.Sci. **3**. 1-36. (2002)

В работе рассматривается пример увеличения пропускной способности волоконно-оптических линий передачи путем обеспечения солитонного режима за счет использования высокоэффективных излучающих и фотоприемных устройств, являющихся типичным продуктом нанотехнологий.

Смоделированная линия передачи, длиной 400 км, не включает компенсаторы дисперсии и работает со скоростью 40 Гбит/сек. В линии используется 7 оптических усилителей для поддержания мощности в нужном диапазоне.

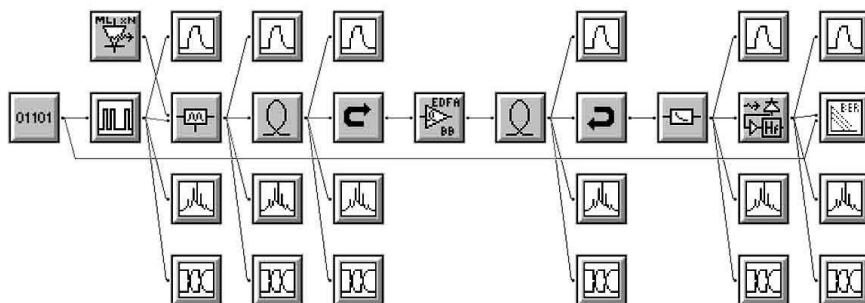


Рис. 1 Вид смоделированной солитонной линии передачи в компьютерной программе LinkSim

Пиковая мощность, необходимая для формирования солитона соответствует 17 мВт. Длина регенерационного участка по энергетическому потенциалу равна 57,6 км.

Вклад нелинейных искажений принимаемого сигнала выражен лишь в 10% дрожании сигнала по амплитуде, что соответствует достоверному приему. Полученная линия передачи функционирует с приемлимым уровнем битовых ошибок ( $BER=10^{-13}$ ). Несмотря на сложности в построении, солитонные линии передачи не утратили своей актуальности в связи возможностью передачи информации на высоких скоростях без компенсации дисперсии.

УДК 539.234+535.375.5

МОДИФИКАЦИИ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СЛОЁВ  $\text{GeO}_2$   
С КВАНТОВЫМИ ТОЧКАМИ ГЕРМАНИЯ ПРИ ОТЖИГАХ

Слабука М.П., Горохов Е.Б.\*

Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск,  
Россия

\* Институт физики полупроводников СО РАН, Новосибирск, Россия

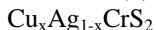
Интерес к получению и исследованию полупроводниковых квантовых точек (QD) обусловлен появлением в них новых особенностей электронного спектра, которые не наблюдаются в системах более высокой размерности (3D, 2D и 1D). В результате квантования движения носителей во всех направлениях спектр становится дискретным с  $\delta$ -образной функцией плотности состояний, а также может существенно возрастать энергия связи экситона и сила осциллятора для межзонных переходов [1]. Интенсивно исследуются полупроводниковые QD, полученные методом молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) в системах InAs-GaAs, Ge-Si и др. В работе [1] в Si-Ge-Si-структурах с псевдоморфными QD, полученных методом МЛЭ, исследовано комбинационное рассеяние света (КРС) на оптических фононах. Наблюдение резонансного усиления при КРС на оптических фононах позволило определить энергию прямых зона-зонных переходов и её изменение по сравнению с двумерным случаем.

В работе рассматривается материал, представляющий собой QD германия в диэлектрической матрице  $\text{GeO}_2$ . Образец представлял собой плёнку, состоящую из трёх чередующихся пар слоёв  $\text{GeO}_{(\text{тв})}$  и  $\text{SiO}_2$ . С ростом температуры отжига происходил распад по реакции  $2\text{GeO}_{(\text{тв})} \rightarrow \text{Ge} + \text{GeO}_2$  с образованием аморфных Ge-кластеров ( $d \sim 2-3$  нм), которые затем кристаллизовались. При отжигах в атмосфере He происходят изменения структуры материала, которые проявляются в электронной и фононной подсистемах. В спектрах КРС обнаружены пики рассеяния, которые интерпретируются как пики двухфононного рассеяния, а также сильное увеличение интенсивности пика КРС  $\sim 5$  раз после кристаллизации Ge-QD, что связывается с эффектом резонансного КРС. Одновременно происходит изменение пропускания плёночной системы в видимой области спектра. Эффект можно использовать для создания оптических элементов.

#### Литература

1. А.Б. Талочкин, В.А. Марков, С.П. Супрун, А.И. Никифоров. Письма в ЖЭТФ, том 64, вып.3, стр. 203-207 (1996).

## ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ В СОЕДИНЕНИЯХ



Суфиянова А.А., Курбангулов А.Р.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Соединения  $\text{CuCrS}_2$  и  $\text{AgCrS}_2$  имеют гексагональную структуру (пространственная группа  $R3m$ ) и обладают смешанной ионно-электронной проводимостью. При измерении ионной и электронной составляющих проводимостей использовалась методика подавления одной из составляющих тока путем подбора соответствующих токовых электродов.

Образцы для исследований  $\text{Cu}_x\text{Ag}_{1-x}\text{CrS}_2$  ( $0 < x < 1$ ) были приготовлены спеканием соответствующих количеств электролитической меди, серебра, электролитического хрома, серы в откачанных до остаточного давления  $10^{-4}$  Па в кварцевых ампулах при температуре 1100 К.

Удельная электронную проводимость рассчитывалась по установившимся значениям разностей потенциалов  $V_e^e(t)$  при пропускании через исследуемый образец электронного тока. На рис.1. представлены температурные зависимости удельной электропроводности для исследуемых систем.

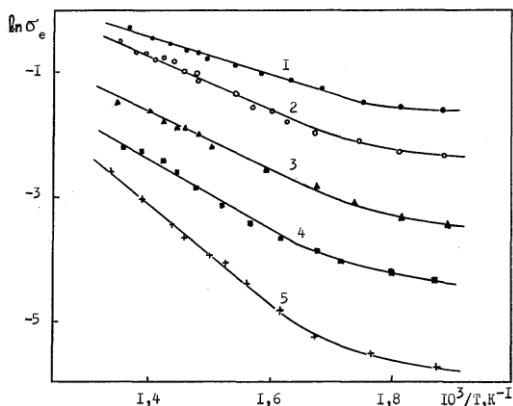


Рис.1 Температурные зависимости электронной проводимости для систем  $\text{Cu}_x\text{Ag}_{1-x}\text{CrS}_2$  ( $x=1$ (1);  $x=0,25$ (2);  $x=0,5$ (3);  $x=0,75$ (4);  $x=0$ (5))

На зависимости  $\sigma_e(T)$  при температуре фазового перехода не наблюдается резких изменений величины электронной проводимости. Для всех составов обнаруживается полупроводниковая зависимость  $\sigma_e(T)$  с характерными областями примесной и собственной проводимости.

УДК 537.533.2

## ТОНКАЯ СТРУКТУРА АВТОЭМИССИОННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ НА ОСТРИЙНЫХ ЭМИТТЕРАХ

Турмышев И.С., Тимошенкова О.Р., Мурзакаев А.М.

Институт Электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Известно, что при туннелировании электронов через сложные потенциальные структуры возможно возникновение эффекта резонансного туннелирования. При формировании тонкой пленки диэлектриков и полупроводников на поверхности металлического полевого эмиттера имеется возможность создать потенциальный барьер с двумя точками локального максимума, на котором можно наблюдать квантовый резонанс в автоэмиссионном процессе.

Работа посвящена исследованию ВАХ и тонкой структуры автоэмиссионных спектров тонких пленок оксида циркония, кремния и углерода, сформированных на поверхности острейного вольфрамового эмиттера с помощью методики термополевой диффузии в сверхвысоком вакууме. Полагается, что тонкая структура автоэмиссионных спектров энергетического распределения обусловлена квантовым резонансом в потенциальной структуре, возникающей на границе раздела эмиттер-вакуум при приложении внешнего поля.

Показано, что на всех тонкопленочных образцах, в отличие от чистого вольфрамового эмиттера, интегральный энергетический спектр является суммой вкладов отдельных энергетических мод. Вид моды лучше аппроксимируется кривой Лоренца, что указывает на резонансный характер явления. Видоизменение спектров и движение максимума пика интегрального энергораспределения обусловлено изменением амплитуд мод, причем положение пиков отдельных вкладов не меняется.

УДК 536

ИОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО  
СЕЛЕНИДА МЕДИ

Усманов И., Ишембетов Р.Х.

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

В обычных твердых телах ионная проводимость находится на уровне  $10^{-12}$ - $10^{-10}$  Ом<sup>-1</sup>см<sup>-1</sup>, и даже вблизи точки плавления не превышает  $10^{-3}$  Ом<sup>-1</sup>см<sup>-1</sup> [1]. В суперионных проводниках ионная проводимость имеет порядок  $10^{-1}$  Ом<sup>-1</sup>см<sup>-1</sup> при комнатной температуре, что близко к проводимости концентрированных растворов жидких электролитов. Халькогениды меди обладают одновременно с рекордно высокой для твердых тел катионной проводимостью ( $4$  Ом<sup>-1</sup>см<sup>-1</sup>) высокой электронной проводимостью и интересными полупроводниковыми свойствами. В исследовании суперионных проводников в последние годы были достигнуты большие успехи. Однако влияние размеров зерен на электронную и ионную проводимость изучено слабо. Обзор как отечественной, так и зарубежной (доступной нам) литературы по данной тематике показывает, что обычно исследовались образцы с размерами зерен порядка 50-100 мкм в лучшем случае до нескольких микрон, т.е. область меньше микрона оставалась не изученной.

В работе исследована зависимость ионной проводимости от температуры наноструктурированного состава и проведено сравнение с той же зависимостью в крупнозернистых составах. Измерены ионная проводимость и ионная термо - эдс крупнокристаллических и наноструктурированных селенида меди  $\text{Li}_{0,25}\text{Cu}_{1,75}\text{Se}$ .

Выявлено, что уменьшение размеров зерен приводит к уменьшению ионной проводимости примерно в 2 раза..

1. Полупроводниковые халькогениды и сплавы на их основе / Под. ред. Н.Х.Абрикосова, В.Ф.Банкиной, Л.В.Порецкой и др. - М.: Наука, 1975. - 219 с.

Исследована электропроводность квантовой проволоки (КП) из анизотропного полупроводника или полуметалла в поперечном магнитном поле  $\mathbf{H} \parallel \mathbf{Oy}$ . Потенциал КП (ось КП – ось  $Ox$ ):

$$V(y, z) = (\kappa_2 y^2 + \kappa_3 z^2) / 2;$$

$\kappa_2 = m_2 \omega_2^2 = m_{2h} \omega_{2h}^2$  и  $\kappa_3 = m_3 \omega_3^2 = m_{3h} \omega_{3h}^2$  – постоянные КП;  $m_i$  –  $i$ -я компонента тензора эффективной массы электронов ( $c$  ( $\hbar$ ) для дырок).

Электропроводность КП содержит вклады электронов и дырок и вычислялась по формуле Кубо [1, 2] для случая упругого рассеяния носителей на акустических фононах и неровностях поверхности КП. С учетом [2, 3], получаем для сопротивления полупроводниковой КП в поле:

$$R(H) = R(0) \frac{2(1 + \alpha_c H^2)^{7/4} \exp\left\{\frac{\tilde{\Delta} - \Delta}{2k_0 T}\right\}}{1 + \exp\left\{\frac{g_c \mu_0 H}{k_0 T}\right\}},$$

$$\tilde{\Delta} = \Delta_0 + \hbar[\omega_2 \sqrt{1 + \alpha_c H^2} + \omega_3 + \omega_{2h} \sqrt{1 + \alpha_v H^2} + \omega_{3h} - (g_c + g_v) \mu_0 H] / 2;$$

$$\Delta = \Delta_0 + \hbar(\omega_{2h} + \omega_{3h} + \omega_2 + \omega_3) / 2; \quad \alpha_c = \frac{e^2}{c^2 \kappa_2 m_1}, \quad \alpha_v = \frac{e^2}{c^2 \kappa_2 m_{1h}};$$

$\mu_0 = e\hbar/(2m_0c)$  – магнетон Бора;  $g_c$  ( $g_v$ ) –  $g$ -фактор для электронов (дырок);  $m_0$  – масса свободного электрона;  $c$  – скорость света в вакууме;  $T$  – температура;  $k_0$  – постоянная Больцмана;  $\Delta_0$  – ширина запрещенной зоны полупроводника или величина перекрытия зон полуметалла ( $\Delta_0 < 0$ ). Магнетосопротивление полупроводниковой КП может быть как положительным так и отрицательным и зависит экспоненциально от магнитного поля, температуры, диаметра КП.

1. Kubo R. *J. Phys. Soc. Jap.* **12**, 570 (1957).
2. Синявский Э.П., Хамидуллин Р.А. ФТП, **36**, 989 (2002).
3. Синявский Э.П., Хамидуллин Р.А. ФТП, **40**, 1368 (2006).

УДК 544:621.382

## ТВЕРДОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ ДВОЙНОГО РУБИДИЙ-ЕВРОПИЕВОГО МОЛИБДАТА

Чимитова О.Д.<sup>1</sup>, Атучин В.В.<sup>2</sup>, Базаров Б.Г.<sup>1,3</sup>, Молокеев М.С.<sup>4</sup>,  
Базарова Ж.Г.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, Россия

<sup>2</sup>Институт физики полупроводников СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>Бурятский государственный университет, Улан-Удэ, Россия

<sup>4</sup>Институт физики СО РАН, Красноярск, Россия

Двойные молибдаты щелочных и редкоземельных элементов (р.з.э.) находят применение в новой технике в качестве кристаллических матриц, квантовых генераторов, активаторов, люминесцентных покрытий [1].

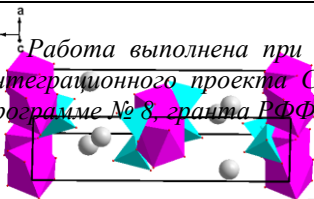
RbEu(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> получен в результате многостадийного отжига с промежуточными перетираниями молибдатов рубидия и европия при температуре 400–600°C в течение 100ч.

Двойной молибдат нерастворим RbEu(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> в органических растворителях (этанол, четырех-хлористый углерод), однако при нагревании растворяется с разложением в минеральных кислотах (HCl, HNO<sub>3</sub>).

Рис. Кристаллическая структура RbEu(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>

Структура RbEu(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> уточнена методом Ритвельда (пр.гр. *Pbcn*), представляет собой каркас, составленный из тетрагональных антипризм EuO<sub>8</sub> и RbO<sub>8</sub>. Слои объединяются в каркас посредством общих кислородных вершин с межслоевыми MoO<sub>4</sub>-тетраэдрами (рис.).

Работа выполнена при финансовой поддержке Междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 28 и гранта Президиума РАН по программе № 8, гранта ВФФИ № 11-08-00681-а, 12-02-90806-мол\_рф\_нр.



### Литература

1. V.V. Atuchin, O.D. Chimitova, T.A. Gavrilova et.al. J. Crystal Growth, **318**, 683 (2011).



УДК 539.231

## НАНЕСЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПОДЛОЖКИ

Шагивалеев С.С., Салимов И.М., Шаяхметов Р.У.

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

В настоящее время тонкопленочные технологии стали незаменимым технологическим процессом во многих отраслях современной промышленности (микроэлектроника, оптическая промышленность, машиностроение и т.д.). Существует множество методов получения тонких пленок различных материалов, однако, одним из лучших по многим параметрам методов нанесения является магнетронное распыление. Магнетронная распылительная установка с возможностью охлаждения распыляемой мишени изготовлена на базе ВУП-4.

В данной работе получены образцы пленок Ag на поверхности монокристаллического Si (111). Поверхность кремниевой подложки перед нанесением пленки была предварительно очищена ионно-плазменным методом.

Методами атомно-силовой микроскопии на нанотвердомере NanoScan 3D изучена поверхность полученных пленок и измерена их толщина.

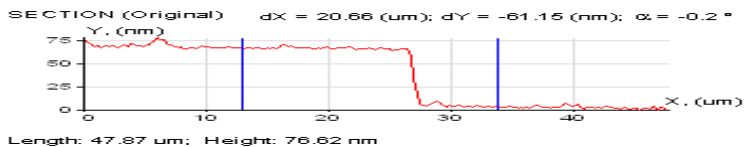


Рис. 1 Перепад высот между пленкой и подложкой  $dY=61,15$  nm

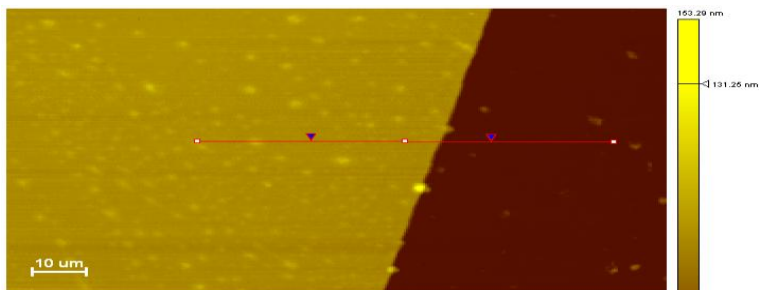


Рис. 2 Поверхность кремния с напыленной пленкой серебра

### Литература

1. Антоненко С.В. Технология тонких пленок МИФИ: 2008.

**СЕКЦИЯ «СКАНИРУЮЩАЯ ЗОНДОВАЯ МИКРОСКОПИЯ:  
ИЗМЕРЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ АТОМАРНОГО И  
НАНОМЕТРОВОГО МАСШТАБА»**

УДК 539.23

**НАПРАВЛЕННАЯ МИГРАЦИЯ ИОНОВ КАК СРЕДСТВО УПРАВЛЕНИЯ  
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ НАНОЧАСТИЦ  
ОКСИДА ТИТАНА**

Гатин А.К., Кирсанкин А.А., Харитонов В.А., Дохликова Н.В., Гришин М.В.  
ИХФ РАН, Москва

Возможность управляемого роста, а также целенаправленной модификации готовых наночастиц с получением объектов с заданными свойствами – приоритетное направление развития нанотехнологий. В работе на примере наночастиц оксидов титана установлена возможность создания наночастиц с заданной проводимостью.

Эксперименты проводились с помощью сверхвысоковакуумной (давление остаточных газов  $\sim 2 \times 10^{-10}$  торр) установки, включающей в себя сканирующий туннельный микроскоп СТМ «Omicron», оже-спектрометр, масс-спектрометр а также вспомогательное оборудование. Исследуемый объект создавался на острии СТМ.

Обнаружено, что при окислении титана при малых экспозициях в кислороде ( $\sim 10$  Ленгмюр) при одновременном наложении электрического поля величиной  $\sim 10^7$  В/см в зависимости от полярности приложенного напряжения на поверхности титана образуются оксиды разного состава (от проводящих оксидов типа  $TiO_x$  до непроводящего  $TiO_2$ )

Обнаружена возможность целенаправленной обратимой структурной модификации данных наночастиц за счет стимулированной электрическим полем направленной миграции ионов кислорода внутри оксидного комплекса с получением как проводящих оксидов типа  $TiO_x$  без запрещенной зоны, так и непроводящих типа  $TiO_{2-x}$  с запрещенной зоной до 3 эВ

Необходимо отметить, что данная методика, по-видимому, применима и для оксидов других металлов, имеющих достаточно большой набор оксидов, среди которых есть формы с металлической и полупроводниковой проводимостью.

*Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (гранты № 11-03-342-а, 12-03-00176-а, 12-03-31411-мол\_а)*

УДК 539.196.3:538.958

## ВЛИЯНИЕ УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ НА АДГЕЗИОННО-КАПИЛЛЯРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЗОНДА АТОМНО-СИЛОВОГО МИКРОСКОПА С ИММУНОГЛОБУЛИНОМ G

Дедкова Е.Г., Батулин А.С., Надточенко В.А.

Московский физико-технический институт, Институтский пер.9,  
г. Долгопрудный, Россия, 141701, E-mail: ededkova@yandex.ru

Взаимодействие белок–лиганд играет важную роль во многих биологических процессах, поэтому разработка методов исследования такого рода взаимодействий является актуальной задачей в медицине и биотехнологии [1]. Атомно-силовая микроскопия (АСМ) широко применяется в исследовании морфологии и структуры белков как в воздушной среде, так и в нативном окружении. Активно используется возможность использования зонда АСМ в качестве наномеханического сенсора, позволяющего изучать упругие и адгезионные свойства белковых молекул, применяя методику контактной атомно-силовой спектроскопии.

Целью настоящей работы является демонстрация возможности АСМ в обнаружении взаимодействия белок–лиганд. В качестве модельной системы выбрана система белок–иммуноглобулин G, ковалентно пришитый к поверхности стекла, и в качестве лиганда – молекула уксусной кислоты. Взаимодействие белка с лигандом нередко сопровождается структурными изменениями белковой глобулы, существенно влияющими на отклик АСМ зонда. Чтобы более полно выявить изменения во вторичной структуре адсорбированного белка при воздействии на него 1% уксусной кислоты выполнен анализ фурье-ИК-полос поглощения иммуноглобулина G и проведено отнесение обнаруженных ИК-пигов к отдельным конформациям вторичной структуры.

Обнаружено увеличение адгезионно-капиллярного взаимодействия между зондом АСМ и модифицированной иммуноглобулином G поверхностью более чем в 2 раза после воздействия 1% уксусной кислотой. В фурье-ИК-спектрах IgG, пришитого к поверхности стекла, доминируют полосы, предположительно обусловленные структурой –  $\alpha$ -спирали. Для IgG в нейтральной воде доминирующим элементом вторичной структуры являются  $\beta$ -листы. После обработки уксусной кислотой в обоих случаях (пришитый и растворенный белок) доминируют также  $\beta$ -листы. Взаимодействие с кислотой индуцирует конформационные изменения во вторичной структуре белка, что проявляется в изменении упругих свойств белковых молекул [2].

1. Дедков В.Г., Дедкова Е.Г. // Письма в ЖТФ. -2010.-Т. 36. -№ 3. -С. 76.
2. Дедкова Е.Г, Батулин А.С., Надточенко В.А. // ЖФХ, -2011, т.23, №12, - С.1-6.

УДК 544.02+544.03

## АДСОРБЦИЯ НА НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ПЛЕНКЕ $\text{SnO}_2$

Дохликова Н.В., Гришин М. В., Трахтенберг Л.И., Шуб Б.Р.

ИХФ РАН, Москва, Россия

Явление изменения проводимости оксидов металлов при адсорбции на поверхность и десорбции газов с поверхности известно с 1962 года [1]. Для полупроводников n-типа адсорбция кислорода приводит к уменьшению концентрации электронов, и, следовательно, к уменьшению проводимости. Адсорбция водорода или метана на этих полупроводниках повышает увеличивает их проводимость. Исследования наноструктурированной пленки  $\text{SnO}_2$  были выполнены на атомно-силовом микроскопе «Solver HV» (НТ-МДТ) на воздухе и сканирующем туннельном микроскопе «Omicron» в условиях сверхвысокого вакуума ( $P = 1 \times 10^{-10}$  Тор). Установлено, что размер наночастиц диоксида олова варьируется в пределах 10-40 нм. Наночастицы образуют сплошное покрытие с единичными порами диаметром не более 10 нм. По методике, описанной в работе [2], в диоксиде олова были детектированы единичные электронные ловушки, по-видимому, кислородные вакансии, и измерены времена их перезарядки - 20 мс. Вольт-амперные зависимости, измеренные на пленке наночастиц  $\text{SnO}_2$ , покрытых адсорбированным кислородом, демонстрируют участок с запрещенной зоной, ширина которого составляет 2-4.5 эВ. При адсорбции на  $\text{SnO}_2$  молекулярный кислород диссоциирует на дефектах на атомы, которые захватывают электроны, уменьшая их концентрацию в зоне проводимости. Адсорбированный  $\text{H}_2$ , реагирует с ионами кислорода с образованием молекул  $\text{H}_2\text{O}$ , которые десорбируются. При этом освобожденные электроны переходят в зону проводимости. Измеренные вольт-амперные зависимости показали, что запрещенная зона полностью исчезла. Полученные методом сканирующей туннельной микроскопии и спектроскопии данные коррелируют с результатами Оже-спектроскопии.

*Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований, гранты №№ 10-03-00602, 11-03-00274, 11-03-00342 и 12-03-00176.*

### Литература

1. Seiyama T., Kato A., Fujiishi K., Nagatani M. //Anal. Chem. 1962. V.34. P.1502.
2. Гришин М.В., Далидчик Ф.И., Ковалевский С.А., и др. //Микросистемная техника.2004. №7. С.19

УДК 537.533.35

ВЛИЯНИЕ АДсорБИРОВАННОГО КИСЛОРОДА НА ОБЪЁМНЫЕ И  
ПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ P-ТИПА  
АВТОЭМИССИОННЫХ КАТОДОВ

Иванов В.Г., Данилова В.С.

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого  
Великий Новгород, Россия.

В работе приведены результаты исследований адсорбции  $O_2$  на атомарно – чистых поверхностях Ge и GaAs p-типа атокатодах в автоэмиссионном микроскопе. Поверхность автокатодов очищалась десорбцией загрязнений сильным электрическим полем. Кислород напускался в микроскоп через нагретую серебряную трубочку. Показано, что поверхность Ge и GaAs автокатодов после очистки десорбцией полем более активна поверхности перестроенной кратковременным прогревом. Об этом можно судить по изменению автоэмиссионных изображений поверхности автокатодов, по возрастанию работы выхода и по сокращению протяженности участка медленного роста тока на вольтамперных характеристиках (ВАХ) автоэмиссионного тока. ВАХ автоэмиссионного тока сдвигалась в сторону уменьшения напряжения при этом автоэмиссионный ток возрастал на два порядка с высокоомных ( $10^9$  Ом см) GaAs автокатодах и незначительно с германиевых (3,7 Ом см) автокатодов. Падение напряжения на Ge автокатодах составляло несколько десятков и сотен вольт в то время как на высокоомных GaAs катодах падение напряжения составляло тысячи вольт. Такое необычное влияние электроотрицательного адсорбата на эмиссионные свойства систем “полупроводник – кислород” мы объясняем экранирующим действием отрицательного заряда на адсорбированном кислороде. Электрическое поле проникает меньше в объём автокатода. За счёт этого напряжение на промежутке “анод-катод” возрастает. Следовательно увеличивается анодный ток, несмотря на увеличение работы выхода.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК МЕТАЛЛОВ НА ПОВЕРХНОСТИ  
МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ (111)  
МЕТОДОМ ЗОНДА КЕЛЬВИНА

Казаринов С.В.

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Метод зонда Кельвина (МЗК) является перспективным для исследования поверхности проводящих образцов субмикронном масштабе [1, с 363-370]. Как правило, МЗК реализуется в виде двухпроходной методики на основе сканирующего зондового микроскопа (СЗМ). Данный метод позволяет получить топографическое АСМ-изображение и распределение поверхностного потенциала для участка поверхности проводящего образца.

В данной работе было проведено исследование распределения потенциала металлических (Au, In, Ti) пленок на поверхности монокристаллического Si(111). Au, In и Ti были термически напылены на кремний с W испарителя в вакууме  $<10^{-3}$  Торр. Измерения по МЗК проводились с помощью СЗМ NTEGRA Aura. В качестве зонда использовался полуконтактный кантилевер с TiN проводящим покрытием.

Значения работы выхода Si(111) n-типа, Au-, Ti-, In-пленок составляют 4.83, 5.1, 4.14 и 3.85 эВ, а толщины пленок получились равными 23, 50 и 35 нм соответственно. Полученная контактная разность потенциалов между Au и Si составляет примерно 0.3V. Т.к. работа выхода кремния меньше, чем у золота, то поверхностный потенциал будет в области, где золотая пленка на поверхности кремния отсутствует. Т.е. поверхностный потенциал в данном случае будет распределяться обратно рельефу образца. Для титана и индия поверхностный потенциал повторяет рельеф, при этом контактная разность потенциалов для In и Si составляет примерно 0.85V, а для Ti и Si примерно 0.66V, что согласуется с другими экспериментальными данными.

В целом, из-за дальнедействующего характера электрических сил, «потенциальное» изображение, полученное по МЗК, получается «размытым» по сравнению с топографическим АСМ-изображением. Однако, несмотря на это, данный метод все же позволяет исследовать распределение поверхностного потенциала образца с субмикронным разрешением.

#### Литература

1. P.K. Ingram, G.J. Wilson, R. Devonshire, Appl. Surf. Science **146**, 363 (1999)

УДК 621.389+537.24

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА ПОВЕРХНОСТИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА МИКРОГИРОСКОПА МЕТОДОМ ЗОНДА КЕЛЬВИНА

Казаринов С.В.<sup>1</sup>, Бахтизин Р.З.<sup>1</sup>, Амиров И.И.<sup>2</sup>, Морозов О.В.<sup>2</sup>,  
Соловьев А.В.<sup>3</sup>, Тарасов А.<sup>3</sup>

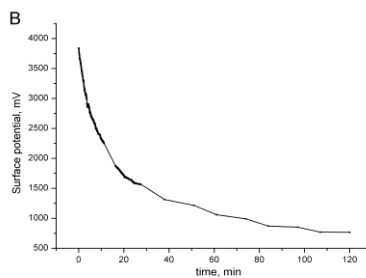
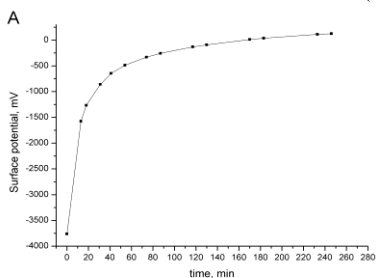
1. Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

2. ЯФ ФТИАН РАН, Ярославль, Россия

3. ЦЭНКИ, Москва, Россия

Накопление зарядов на поверхности чувствительных элементов (ЧЭ) устройств микроэлектромеханических систем (МЭМС) является негативным эффектом, приводящим к деградации их работы. Метод зонда Кельвина (МЗК), позволяющий получить распределение поверхностного потенциала образца с субмикронным разрешением, является эффективным методом исследования зарядовых процессов.

В работе приведены результаты МЗК исследований временных изменений потенциала поверхности ЧЭ элемента микрогирискапа в зависимости от приложенного потенциала. С помощью МЗК были проведены измерения значений поверхностного потенциала в разных точках образца МЭМС. Релаксация потенциала исследовалась после приложения к образцу на 10 минут сначала 2В, затем 20В. Установлено, что процесс релаксации потенциала имеет экспоненциальный характер, причем уменьшение потенциала до исходного значения происходило в течение не менее 2 часов. Обнаружено, что после приложения 2В начальное значения поверхностного потенциала, как правило, было отрицательным (А), а после приложения 20В – положительным (В):



В целом, полученные результаты подтверждают накопление заряда в исследованных образцах МЭМС.

УДК 539.23

## АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА, НИКЕЛЯ И ПЛАТИНЫ

Кирсанкин А.А., Гатин А.К., Гришин М.В., Шуб Б.Р.  
Институт химической физики РАН, Россия

В нашей работе современными аналитическими методами были исследованы структура и электронное строение наночастиц (НЧ) золота, никеля и платины, а также адсорбция на них с водорода.

С помощью сканирующей туннельной микроскопии и спектроскопии (СТМ/СТС) были получены топографические изображения поверхностей графита, содержащих НЧ золота, никеля и платины, осажденных методом лазерного электродиспергирования, и измерены соответствующие вольт-амперные зависимости. Установлено, что НЧ золота имеют характерный диаметр 4 нм, их поверхность не содержит примесей. НЧ никеля и платины представляют собой изолированные кластеры размером 10-20 нм. Их поверхности покрыты оксидом, причем оксид никеля неоднороден.

Адсорбция водорода на НЧ осуществлялась непосредственно в камере СТМ. После экспозиции НЧ золота в водороде были измерены вольт-амперные зависимости. При этом проводимость НЧ золота снизилась и сравнялась с проводимостью графита. Это означает, что даже при  $T = 300$  К на поверхностях НЧ золота формируется слой хемосорбированного водорода. Оцененная из простейших соображений энергия связи между атомами золота и водорода оказалась равна не менее 80 ккал/моль.

После адсорбции водорода на НЧ никеля на спектрах появился участок с нулевой проводимостью, ширина которого составляет приблизительно 1 эВ. По-видимому, он связан с образованием на поверхности наночастиц слоя заряженных частиц (гидроксильных групп), который увеличивает потенциальный барьер для туннелирующих электронов.

При взаимодействии окисленной НЧ платины с водородом мы наблюдали восстановление платины непосредственно в СТМ. Для этого во время напуска водорода в камеру СТМ измерялись вольт-амперные зависимости, показавшие уменьшение участка с нулевой проводимостью при увеличении экспозиции в водороде. По полученным данным были определены значение энергии активации 24 ккал/моль и средний коэффициент прилипания водорода 0,25 к окисленной поверхности НЧ платины.

*Работа поддержана РФФИ, гранты №№ 10-03-00602, 11-03-00342, 12-03-00176 и 12-03-31411.*



УДК 53.091

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ДЕФОРМАЦИОННОГО РЕЛЬЕФА ЧИСТОГО НИКЕЛЯ

Корзникова Е.А.

ФГБУН Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа, Россия

Для изучения влияния степени деформации на деформационный рельеф была проведена деформация растяжением образца никеля со средним размером зерна 6 мкм. Анализ деформационного рельефа проводили на сканирующем зондовом микроскопе NT-DMT на платформе ИНТЕГРА. Максимальное поле сканирования - 100\*100 мкм, съемку проводили в контактном режиме.

Исследования по смещению реперных точек на оптическом микроскопе показали, что деформация в образце распределилась неоднородно и составила от 4,5 до 84,0 %. Для исследования поверхности образца на АСМ, выбрали 6 характерных площадок на различных расстояниях от шейки образца, степень деформации на которых составила  $\varepsilon = 0; 6,8; 8; 11,8; 45; 84$  % соответственно. Исходная поверхность, сканированная в головке образца - гладкую, свободную от линий скольжения. В месте перехода от рабочей части образца к головке,  $\varepsilon = 6,8\%$  стали заметны следы деформационного рельефа, но линии скольжения появились лишь в части зерен. Средняя высота линий небольшая – 4,25 нм, расстояние между ними – 222 нм. По достижении  $\varepsilon=8\%$  деформационный рельеф стал более развитым, средняя высота линий скольжения увеличилась, расстояние между ними уменьшилось. С ростом степени деформации до 11,8 % большинство зерен содержат линии множественного скольжения.

Степень деформации перехода от шейки к остальной деформированной части образца  $\varepsilon=45$  %. Деформация происходит пачками, которые можно отнести к следам вторичного скольжения. В шейке образца, образовавшейся во время деформации, степень деформации составила 84 %. Деформационный рельеф радикально изменился. Пачки вторичного скольжения объединились в грубые деформационные полосы, которые находят продолжение в других зернах. Полосы очень извилистые, их длина превышает 100 мкм, что говорит о кооперировании полос скольжения. Возможно, образование и развитие таких грубых деформационных полос приводит к разрушению материала.

УДК 53.086

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ НАНОЧАСТИЦ  
КОБАЛЬТА НА ПОВЕРХНОСТИ ВЫСОКООРИЕНТИРОВАННОГО  
ПИРОЛИТИЧЕСКОГО ГРАФИТА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ И ОТЖИГЕ В  
СВЕРХВЫСОКОМ ВАКУУМЕ

Лебедев Д.В., Нургазизов Н.И., Чукланов А.П., Бухараев А.А.  
Казанский физико-технический институт КазНЦ РАН, Казань, Россия

В последнее время большой интерес вызывают исследования наночастиц (НЧ) ферромагнитных металлов. Это связано с перспективой использования НЧ для записи и хранения информации, а так же в качестве катализаторов. В нашей работе был изучен процесс формирования наночастиц Со на поверхности высокоориентированного пиролиитического графита (ВОПГ) при термическом отжиге тонких пленок металла в сверхвысоком вакууме. В частности, было исследовано влияние температуры и времени отжига образцов на размер и количество получаемых частиц.

Весь процесс формирования НЧ Со на поверхности ВОПГ и их исследование методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) осуществлялся в сверхвысоком вакууме на установке Multiprobe Р Omicron. На предварительно очищенную поверхность ВОПГ напылялся слой Со толщиной 0,4 нм. После напыления образец отжигался, в результате чего формировались НЧ Со. Термический отжиг производился последовательно при различных температурах (450, 550, 650, 750 °С). Время нагрева во всех 4 случаях составляло 1 час. Для изучения влияния времени отжига на размеры и концентрацию получаемых НЧ на поверхность ВОПГ была нанесена пленка Со толщиной 0,1 нм, затем образец последовательно отжигался при  $T = 450^{\circ}\text{C}$  в течении 15; 30; 45; 75; 135; 200; 500 минут. После каждого отжига проводились АСМ измерения поверхности образца.

Из полученных данных следует, что с увеличением времени и температуры отжига количество НЧ на поверхности уменьшается, а их средний размер возрастает за счет того, что атомы с поверхности мелких частиц диффундируют на более крупные частицы. В результате количество мелких частиц уменьшается, а размеры крупных частиц увеличиваются. Такой механизм роста наночастиц называется Оствальдовским созреванием и был теоретически описан в работе [1].

#### Литература

1. I.M. Lifshitz, V.V. Slyozov . J. Phys. Chem. Solids. **19**, 35 (1961)

УДК 539.211, 537.636

МАГНИТНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ ПАТТЕРНИРОВАННЫХ  
ФЕРРОМАГНИТНЫХ НАНОСТРУКТУР

Миронов В.Л.

Институт физики микроструктур РАН, Нижний Новгород, Россия

В докладе приводится обзор результатов исследований магнитных состояний паттернированных тонкопленочных ферромагнитных наноструктур методами магнитно-силовой микроскопии. Рассматриваются особенности формирования контраста в зондовом магнитно-силовом микроскопе (МСМ) от однослойных и многослойных наномангнитов различной формы [1-5]. Обсуждаются эффекты взаимодействия зонда и образца. Приводятся результаты исследований особенностей процессов перемагничивания наноструктур с помощью неоднородного поля зонда МСМ [6]. Обсуждается применение ферромагнитных наноструктур для создания элементов магнитной логики [7] и перестраиваемых фильтров СВЧ диапазона.

1. В.Л.Миронов и др., Известия РАН, с. Физическая, № 11, 1558 (2008).
2. В.Л.Миронов и др., Поверхность, № 8, 37 (2007).
3. V.L.Mironov et al., J. Magn. Magn. Mater., **312**, 153 (2007).
4. A.A.Fraerman et al., J. Appl. Phys., **103**, 073916 (2008).
5. V.L.Mironov et al., Phys. Rev. B, **81**, 094436 (2010).
6. В.Л.Миронов и др., Физика мет. и металловедение, **110**, 708 (2010).
7. V.L.Mironov et al., Phys. Rev. B, **85**, 144418 (2012).

УДК 53.085.332

СТМ-ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПЛЕНКИ ПЛАТИНЫ,  
ОБРАБОТАННОЙ В ПЛАЗМЕ ВЧ-ИНДУКЦИОННОГО РАЗРЯДА

Селюков Р.В., Наумов В.В., Амиров И.И.

Ярославский Филиал ФГБУН Физико-технологического института  
Российской академии наук, Ярославль, Россия

В наноэлектронике существует необходимость контроля морфологии пленок, зависящей от условий нанесения пленки и ее последующих обработок. В данной работе с помощью сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) исследовалась морфология поверхности пленки Pt в зависимости от условий ее нанесения методом магнетронного распыления и условий ее последующего распыления в плазме. Объектами исследования были пластины окисленного кремния с нанесенной пленкой Pt толщиной 100 нм. Распыление Pt проводили в реакторе плотной плазмы ВЧ-индукционного разряда на одинаковую глубину при энергиях падающих ионов 45 – 220 эВ, и температурах подложки 25°C и 200°C. СТМ-измерения пленок до и после распыления проводили с помощью приставки “Gpi-Cryo-SEM” к микроскопу Zeiss “Supra-40”. Обработка полученных изображений проводилась с помощью программы WSxM [1].

Полученные кривые зависимостей шероховатости от энергии ионов имеют форму горба с максимумом при 60 эВ. Значения шероховатости при данной энергии составили для разных условий распыления 2,2 – 2,7 нм, тогда как для исходных пленок это она была равна 1 нм. Для разных по температурным условиям экспериментов данные кривые различаются в области низких энергий. В случае температуры образца 25°C при распылении шероховатость уменьшается с примерно 2,5 нм до 0,9 – 1,2 нм при уменьшении энергии с 60 эВ до 45 эВ, тогда как при температуре образца 200°C шероховатость остается в диапазоне 2,2 – 2,7 нм. Это может быть объяснено происходящим одновременно с распылением ростом размеров зерен пленки при более высокой температуре распыления. Измеренные площади участков поверхности пленок во всех случаях оказались лишь на несколько процентов больше площадей их проекций на плоскость соответствующего СТМ-кадра относительно слабо менялись в зависимости от условий распыления пленок.

#### Литература

1. I. Horcas, R. Fernandez, J. M. Gomez-Rodriguez, J. Colchero, J. Gomez-Herrero, and A. M. Baro. *Rev. Sci. Instrum.* **78**, 013705 (2007).

УДК548.4:539.211:537.533.9:539.534.9:537.533.35

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЦЕНТРЫ ОКРАСКИ И НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕ В  
КРИСТАЛЛАХ LiF ОБЛУЧЕННЫХ ИОНАМИ АРГОНА

Уматова З.Т., Жумажанова А.Т.

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана,  
Республика Казахстан

В настоящей работе исследовались кристаллы LiF, облученные ионами  $^{40}\text{Ar}$  с энергией 56 МэВ (длина пробега  $R = 12.21 \mu\text{m}$ ) на ускорителе DC-60 (Астана), при 300К. Флюенс изменялся в диапазоне от  $8 \times 10^{12}$  до  $2 \times 10^{12}$  ионов/ $\text{cm}^2$ . Соответствующая интенсивность ионного потока - флюкс ( $\phi$ ) составил  $2.6 \times 10^{19}$  ионов/ $(\text{cm}^2 \times \text{с})$ . Радиационные дефекты исследовались методами оптической абсорбционной спектроскопии, термостимулированной люминесценции (ТСЛ), атомно-силовой микроскопии (АСМ).

Установлено, что эффективность создания одиночных F центров при высоких флюенсах уменьшается, а концентрация сложных  $F_n$  центров нелинейно возрастает из-за значительных рекомбинационных потерь первичных пар Френкеля и процессов агрегации, вследствие перекрытия треков.

При исследовании ТСЛ кристалл был расколот на две части причем верхняя часть имела толщину соответствующую длине пробега иона аргона. Спектры ТСЛ для верхней части, где содержатся треки, существенно отличается от спектра ТСЛ нижней части, где отсутствуют треки. ТСЛ нижней части - два максимума при 440К и 540К, а в ТСЛ верхней части - 500К, 540К, 650К. Термический поэтапный отжиг с измерением спектров поглощения показал термостимулированную агрегацию дефектов, а отжиг до 653К, показывает присутствие металлических коллоидов.

Исследование с помощью АСМ скола облученного кристалла вдоль трека иона показал начало процесса наноструктурирования вдоль трека с созданием нанокристаллитов и в конце трека - дислокации. Монокристалличность для данной энергии иона и интенсивности ионного тока сохранена в большей степени о чем свидетельствуют розетки дислокаций при наноиндентировании.

КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ SI-ПОДЛОЖЕК В УСЛОВИЯХ  
СВЕРХВЫСОКОГО ВАКУУМА.

Фахриев В.Э., Пахомов А.С., Бахтизин Р.З.

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Качество и структура полученной реконструкции поверхности кремния при проведении СТМ-исследований с атомным разрешением сильно зависят от условий подготовки подложки перед исследованием. Поэтому при получении реконструированных поверхностей Si(111) одним из важных параметров является температура[1]. Наше устройство позволяет точно регулировать температуру образца путем изменения тока через подложку, при получении необходимой реконструкции поверхности.

Температура измеряется через смотровое молибденовое стекло в СВВ-установке, фотодетектор и сам прибор при этом находятся снаружи вне рабочей вакуумной камеры, что делает его универсальным и применимым на любой стандартной сверхвысоковакуумной установке. Фокусное расстояние до объекта может быть настроено в пределах 120-160 мм, при диаметре пятна визирования не более 3 мм, быстродействие более 1кГц. Таким образом, возможно производить более 1000 измерений температуры и корректировок тока через образец в секунду, соблюсти подобные условия экспериментатору не под силу при выполнении подобных процедур в ручном режиме. Прибор создан на базе оптического пирометрического преобразователя ОПП-94 с перенастройкой диапазона измерения для температур от 600 до 1300°C. В состав устройства входит оптическая часть и электронная часть, сопряженная с ПК, для контроля, визуализации и сохранения данных. Оптическая часть представляет собой линзу и гибкий волоконно-оптический жгут, электронная часть состоит из фотодиода состыкованного с гибким волоконным жгутом, блока обратной связи для регулировки тока и персонального компьютера. Важной особенностью является то, что с его помощью можно максимально точно воспроизводить условия при проведении серии экспериментов СТМ-исследований поверхности.

## Литература

1. R. Wiesendanger Scanning Probe Microscopy and Spectroscopy: Methods and Applications — Cambridge University Press, 1994 — 660 p.: ISBN 0521428475, 9780521428477.

УДК 538.915

СКАНИРУЮЩАЯ ТУННЕЛЬНАЯ АТОМНО-СИЛОВАЯ  
МИКРОСКОПИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ НАНОСТРУКТУР

Филатов Д.О.

Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского,  
Нижний Новгород, Россия

Сканирующая туннельная микроскопия / спектроскопия (СТМ/СТС) широко применяется для исследования морфологии и атомной структуры твердотельных наноструктур. В последнее время СТМ/СТС всё шире применяется также для исследования пространственного и энергетического распределения локальной плотности размерно-квантованных состояний в полупроводниковых наноструктурах. Однако методом СТМ/СТС возможно исследование только наноструктуры, выращенные *in situ* в условиях сверхвысокого вакуума (СВВ). Методом туннельной АСМ возможно исследование полупроводниковые наноструктур, выращенных *ex situ*, покрытые естественным окислом, а также структуры, поверхность которых имеет непроводящие участки.

В настоящем докладе обобщаются результаты цикла работ по туннельной атомно-силовой микроскопии (АСМ) нанокластеров (НК) Au в сверхтонких плёнках SiO<sub>2</sub>/Si, квантовых точек (КТ) и колец In(Ga)As/GaAs, а также самоформирующихся nanoостровков GeSi/Si. Показана возможность визуализации металлических НК в диэлектрических плёнках и изучения туннельного одноэлектронного транспорта через индивидуальные НК. Развита теория формирования токовых изображений НК. Впервые наблюдались эффекты кулоновской блокады и резонансного туннелирования через индивидуальные НК в диэлектрической плёнке при 300К. Исследовано распределение ЛПС в КТ InAs/GaAs(001), выращенных методом МОС-гидридной эпитаксии при атмосферном давлении. Впервые исследована ЛПС дырочных состояний в КТ InAs/GaAs(001), а также в латерально-сдвоенных КТ. Результаты этих исследований позволили идентифицировать размерно-квантованные состояния в КТ, оптические переходы между которыми проявляются в спектрах фоточувствительности КТ. Впервые исследована ЛПС размерно-квантованных состояний в самоформирующихся квантовых кольцах InGaAs/GaAs и влияние на неё пьезоэлектрического поля в напряжённом InGaAs. Также методом туннельной АСМ исследовано согласование зон на границах самоформирующихся nanoостровков Ge<sub>x</sub>Si<sub>1-x</sub>/Si(001). Установлено, что nanoостровки Ge<sub>x</sub>Si<sub>1-x</sub>/Si(001) при  $x < 0,44$  проявляют свойства гетероструктур I типа.

СКАНИРУЮЩАЯ ТУННЕЛЬНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ОСТРОВКОВ  
СИЛИЦЕНА НА ПОВЕРХНОСТИ ВЫСОКООРИЕНТИРОВАННОГО  
ПИРОЛИТИЧЕСКОГО ГРАФИТА

Филатов Д. О., Антонов Д. А., Нежданов А. В., Машин А. И.

Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского,  
Нижний Новгород, Россия

В последние годы усилился интерес к теоретическим и экспериментальным исследованиям силицена [1], который является кремниевым аналогом графена [2]. Однако, способность кремния к образованию различных аллотропных форм уступает таковой для углерода, в связи с чем кремний в форме, подобной графену, до сих пор не был получен. В качестве одного из путей решения указанной проблемы, в последнее время используется подход, основанный на использовании различных подложек в качестве матриц для эпитаксиального роста слоёв силицена. В работе [3] сообщается о выращивании методом молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) эпитаксиальных слоёв силицена на поверхности Ag(111).

В докладе приводятся результаты исследований методом сканирующей туннельной микроскопии / спектроскопии (СТМ/СТС) атомной и электронной структуры монослойных островков Si, выращенных *in situ* на поверхности высокоориентированного пиролитического графита (ВОПГ) методом МЛЭ. Были получены СТС изображения и туннельные спектры поверхности монослойных островков Si на поверхности ВОПГ, отражающие пространственное и энергетическое распределение локальной плотности электронных состояний (ЛПС) атомов Si с атомарным пространственным разрешением.

Установлено, что кристаллическая структура монослойных островков Si на поверхности ВОПГ повторяет структуру поверхностного слоя подложки, при этом атомы Si в островках находятся в состоянии  $sp^2$ -гибридизации. Таким образом, монослойный конденсат Si на поверхности ВОПГ может образовывать островки, имеющие структуру силицена.

1. A. Kara, H. Enriquez, A. P. Seitsonen, L. C. Lew Yan Voone, S. Vizzini, B. Aufray, H. Oughaddoub, Surf. Sci. Rep. 67, 1 (2012).
2. M. I. Katsnelson. Graphene: Carbon in Two Dimensions. Cambridge Univ. Press, 2012.
3. B. Lalmi, H. Oughaddou, H. Enriquez, A. Kara, S. Vizzini, B. Ealet, B. Aufray, Appl. Phys. Lett. 97, 223109 (2010).



УДК 544.7

## НАДМОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА НЕФТЯНЫХ АСФАЛЬТЕНОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КИЕНГОП

Харисов Б.Р.<sup>1)</sup>, Шуляковская Д.О.<sup>2)</sup>, Шуткова С.А.<sup>2)</sup>

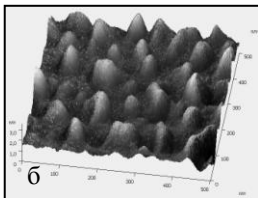
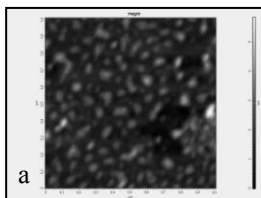
Науч. рук. проф. Бахтизин Р.З.<sup>1)</sup>, проф. Доломатов М.Ю.<sup>2)</sup>

1) Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

2) Уфимская государственная академия экономики и сервиса, Уфа,  
Россия

В ранее проведенных работах было показано, что нефтяные асфальтены могут быть использованы как объекты наноэлектроники [1]. В настоящее время надмолекулярная и электронная структура этих объектов недостаточно изучена. Исследования проводились методами атомно-силовой микроскопии (АСМ), молекулярной механики (ММ) и квантовой химии. Согласно представлениям Унгера Ф.Г. асфальтены состоят из графеноподобных слоев полициклических молекул, которые складываются в пачки и стабилизируются за счет комплексов с переносом заряда.

Расчеты, проведенные методом ММ подтверждают данное предположение о возможности объединения двух и более полициклических фрагментов молекул в надмолекулярную структуру. Результаты расчетов хорошо согласуются с данными АСМ: установлено, что надмолекулярная структура объектов при разрешении порядка 1 микрона представляет собой квазиупорядоченную гелеобразную структуру, состоящую из мицелл-ассоциированных молекул асфальтенов (см. рис. а). Анализ на разрешении до 500 нм (см. рис. б) показывает, что расстояние между мицеллами



составляет порядка 20-50 нм. При этом толщина частиц диаметром до 100 нм не превышает 3 нм, что свидетельствует о стеклинге структур. Методами

квантовой химии также установлено, что асфальтены могут образовывать слоистые структуры.

### Литература

1. Dolomatov M.Yu., Dezortsev S.V., Bakhtizin R.Z., Shutkova S.A., Shulyakovskaya D.O., Kharisov B.R.. 13-th V.A. Fock Meeting on Quantum and Computational Chemistry, Astana, Kazakhstan, (2012)

УДК 539.23

ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ И СТРУКТУРА ЭНЕРГОЕМКИХ  
НАНОЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ БОРОВОДОРОДОВ

Харитонов В.А., Гришин, М.В., Слущкий В.Г., Шуб Б.Р.  
ИХФ РАН, Москва, Россия

Исследование материалов, обладающих повышенной энергетической плотностью и высокой стабильностью представляет большой интерес для сферы создания эффективных топливных средств[1]. В последнее время широкие перспективы для развития этой отрасли открывают возможности создания наноразмерных частиц на основе стабильных в нормальных условиях бороводородов[2], например наночастиц на основе карборана-10, полученных методом газофазного пиролиза последнего. Химические и физические свойства таких частиц во многом определяются их электронным строением и структурой.

В данной работе методами сверхвысоковакуумной сканирующей туннельной микроскопии и сканирующей туннельной спектроскопии были определены геометрические размеры и проводимость наноразмерных объектов, полученных на поверхности высокоупорядоченного пиролитического графита при осаждении на нем карборановых наночастиц (брутто формула  $(C_2B_{10}H_4)_n$ ). Наличие на поверхности графита боросодержащих частиц подтвердилось исследованиями образца методами Оже-спектроскопии, которые показали существенные пики бора.

В соответствии с их геометрическими размерами и формой, установленными в ходе топографических измерений, наночастицы были разделены на 3 типа, условно классифицируемые как тороидальные, шарообразные и плоские чешуи. При этом спектроскопические измерения для первых двух типов частиц показали, что их проводимость сходна с таковой для графита, тогда как для частиц третьего типа обнаружено присутствие запрещенной зоны ( $\sim 2$ эВ). Подобные различия в электронном строении частиц можно объяснить с точки зрения различного способа объединения исходных молекул карборана в наночастицу с образованием проводящих и непроводящих связей.

#### Литература

1. Л.И. Захаркин, «Научные обзоры и сообщения» №11, 1974., С.16.
2. В.Г. Слущкий, Е.С. Северин, Л.А. Поленов, «Химическая физика», том 29, №5 (2010).

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ В  
СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Краснобородько С.Ю.

ЗАО «НТИ», г. Москва, Зеленоград, Россия

Одной из перспективных для исследования свойств твердотельных структур является сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ), обеспечивающая возможность: регистрации с нанометровым разрешением объектов на поверхности и в приповерхностной области структур, измерения с высокой точностью их размеров, исследования и модификации их физических свойств [1]. К основным методам СЗМ относятся сканирующая электропроводящая (СЭПМ) и магнитная силовая микроскопия (МСМ), в которых применяют микромеханические зонды (кантилеверы) с проводящим или ферромагнитным покрытием [2]. Интерес к данным методам обусловлен их уникальными возможностями, позволяющими обеспечивать исследование и модификацию электрических и магнитных свойств поверхности с высоким разрешением.

Одной из основных особенностей методологии проведения измерений в СЭПМ и МСМ является возможность регистрации частот колебаний балки кантилевера в широком диапазоне, для реализации однопроходных и многопроходных методик измерений. Продемонстрирован однопроходный метод получения распределения электрического потенциала на границе двух различных материалов с повышенной чувствительностью и пространственным разрешением. Описана методика трехпроходных измерений в МСМ, обеспечивающая получение уточненных магнитных изображений нано- и микрообъектов, исключая возможное паразитное действие при получении магнитного изображения дальнодействующих электростатических сил [3]. Представлены результаты использования сканирующих зондовых микроскопов в образовательном процессе.

Литература

1. В.Л. Миронов. Основы сканирующей зондовой микроскопии (2004).
2. Shevyakov V., Lemeshko S., Roschin V. Nanotechnology **9** (1998).
3. А. М. Alekseev, V. N. Komkov, S. Yu. Krasnoborod'ko, V.I. Shevyakov, A. B. Shubin. Russian Microelectronics, **40** (2011).

## СЕКЦИЯ «МАГНИТНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ И ПРИБОРЫ СПИНТРОНИКИ»

УДК 239.2

### КРИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФРУСТРИРОВАННОЙ АНТИФЕРРОМАГНИТНОЙ МОДЕЛИ ГЕЙЗЕНБЕРГА С УЧЕТОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ВТОРЫХ БЛИЖАЙШИХ СОСЕДЕЙ

Муртазаев А.К., Рамазанов М.К., Бадиев М.К.

Институт физики Дагестанского научного центра РАН 367003,  
Махачкала, Республика Дагестан, Россия

Исследование фазовых переходов (ФП) и критических явлений (КЯ) в фрустрированных спиновых системах является одной из актуальных задач статистической физики. Это обусловлено тем, что результаты, полученные, при исследовании критических свойств некоторых фрустрированных спиновых систем, показывают, что многие из этих результатов выходят далеко за рамки современной теории ФП и КЯ [1].

Успехи, достигнутые в последние годы, в понимании ФП и КЯ в фрустрированных системах (ФС) в значительной степени связаны с применением методов вычислительной физики, в частности методов Монте-Карло (МК) [2].

Гамильтониан антиферромагнитной 3D модели Гейзенберга на треугольной решетке может быть представлен в следующем виде:

$$H = -J \sum_{\langle ij \rangle} (\vec{S}_i \cdot \vec{S}_j) \quad (1).$$

где  $\vec{S}_i$  – трехкомпонентный единичный вектор  $\vec{S}_i = (S_i^x, S_i^y, S_i^z)$ ,  $J < 0$  константа антиферромагнитного обменного взаимодействия.

Для определения критической температуры  $T_N$ , нами использовался метод кумулянтов Биндера  $U_L$  четвертого порядка [3]. Вычислен весь набор магнитных и киральных статистических критических индексов [4].

*Работа поддержана грантом РФФИ (12-02-96504, 10-02-00130) и выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (Госконтракт №П1559 и №02.270.11.03.97), «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России» на 2007-2013 годы (Госконтракт № 16.552.11.7051).*

1. Вик. С. Доценко, УФН **165**, 481 (1995).
2. А.К. Муртазаев, УФН **176**, 1119 (2006).
3. К. Binder, Z. Phys. В **43**, 119 (1981).
4. А.К. Муртазаев, М.К. Рамазанов, М.К. Бадиев. ЖЭТФ. – 2012. Т. **142**, – С. 338-344.

УДК 537.6/8

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА НАКЛОН  
ВОЛЬТАМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУКТУРЫ (ВАХ)  
МЕДЬ-ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИД-МЕДЬ

Баянова Ю.И.<sup>1,2</sup>, Воробьева Н.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

<sup>2</sup>ИФМК УНЦ РАН, г.Уфа, Россия

Ранее на слоистых гетероструктурах типа ферромагнетик-полидифениленфталид (ПДФ)-медь было обнаружено явление огромного магнитосопротивления [1]. Целью настоящей работы является исследование влияния внешнего магнитного поля на ВАХ структуры в стабильном по проводимости состоянии.

Пленки ПДФ наносились методом центрифугирования на массивные неферромагнитные подложки. Вторым электродом служила медная пленка. Направление тока перпендикулярно слоям структуры, направление магнитного поля параллельно слоям структуры.

Получены и исследованы ВАХ структуры медь-полидифениленфталид-медь в состояниях низкой и высокой проводимости. Состояние проводимости образца регулировалось внешней механической нагрузкой.

Обнаружено влияние внешнего магнитного поля (0,35 Тл), направленного перпендикулярно току на ВАХ. Угол наклона ВАХ при диэлектрическом состоянии полимерной пленки в магнитном поле уменьшается. Угол наклона ВАХ при высокопроводящем состоянии полимерной пленки в магнитном поле возрастает.

При направлении силовых линии магнитного поля перпендикулярно току на носители тока действует сила Лоренца. Потери энергии в результате дополнительных столкновений, вызванных искривлением траекторий электронов увеличиваются. Угол наклона ВАХ уменьшается. Это значит что при таком же напряжении величина тока в магнитном поле меньше. Такая картина наблюдается для полимерной пленки в диэлектрическом состоянии. Однако для ВАХ структуры в высокопроводящем состоянии угол наклона в магнитном поле несколько увеличивается. Этот эффект связан со спецификой наноструктурированного образца и требует дальнейшего исследования.

#### Литература

[1] А.Н. Лачинов, Н.В. Воробьева, А.А. Лачинов. Особенности гигантского магнитосопротивления в системе ферромагнетик-полимер. – Письма в ЖЭТФ. – Т. 84. – №. 11. стр. 2006. –720-722

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ИМПЛАНТАЦИИ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА НА МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИОКСИДА ТИТАНА  
Вахитов И.Р.<sup>1</sup>, Дулов Е.Н.<sup>1</sup>, Тагиров Л.Р.<sup>1</sup>, Нуждин В.И.<sup>2</sup>, Хайбуллин Р.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

<sup>2</sup>) КФТИ КазНЦ РАН, Казань, Россия

Полупроводниковый диоксид титана ( $\text{TiO}_2$ ) с магнитной примесью 3d-элементов являются перспективным материалом для спинтроники. Образцы были получены имплантацией 40 кэВ ионов  $\text{Fe}^+$  с дозами  $(0.5-1.5) \times 10^{17}$  ион/см<sup>2</sup> в монокристаллические (100)- или (001)-пластинки рутила ( $\text{TiO}_2$ ). Влияния дозы имплантации, ориентации и температуры (300 К или 900 К) облучаемых пластинок рутила, а также последующего термического отжига в вакууме при  $T_{\text{отж.}}=900$  К, 30 мин., на магнитные и электрические свойства образцов исследовались методами индукционной магнитометрии, Мессбауэровской спектроскопии и путем измерения температурной зависимости электросопротивления на постоянном токе.

Имплантация железа при комнатной температуре подложки ведет к формированию в облученном слое (толщиной  $\sim 60$  нм) магнитных наночастиц  $\alpha$ -фазы Fe, которые когерентно встраиваются в кристаллическую структуру рутила. Это обуславливает сначала суперпарамагнетизм а затем, при максимальной дозе, сильный ферромагнетизм с 2-х или 4-х кратной магнитной анизотропией в плоскости (100)- и (001)-пластинок  $\text{TiO}_2$ , соответственно. Последующий отжиг образцов в вакууме при  $T_{\text{отж.}}=900$  К подавляет наведенный имплантацией железа ферромагнетизм. Напротив, в случае “горячей” имплантации при 900 К в (100)-пластинке  $\text{TiO}_2$  формируется наночастицы магнетита  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , а в (001)- $\text{TiO}_2$  значительная часть примеси диффундируют в объем облучаемой пластинки, формируя твердый раствор ионов  $\text{Fe}^{2+,3+}$ , проявляющий изотропный ферромагнетизм при комнатной температуре.

Температура подложки рутила во время ионного облучения приводит к существенному изменению, как величины, так и характера проводимости в имплантированном рутиле. При комнатной температуре облучения в имплантированных образцах наблюдается полуметаллический тип проводимости. В случае “горячей” имплантации - полупроводниковый тип проводимости с характерным для сильно легированных полупроводников «вымораживанием» носителей заряда при температурах ниже 30 К.

*Данная работа поддержана РФФИ 10-02-01130 и ГК № 14.В37.21.0241.*

УДК: 537.9

## УПРАВЛЕНИЕ МАГНИТНОЙ СТРУКТУРОЙ ДОМЕННОЙ ГРАНИЦЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

Власов А. М., Сергеев А. С, Сечин Д. А.

Московский Государственный Университет им. М. В. Ломоносова,  
Москва, Россия

В данный момент разрабатывается множество технологий машинной памяти. Один из возможных вариантов развития – магниторезистивная оперативная память (MRAM). Эта технология совмещает достоинства уже существующих полупроводниковых запоминающих устройств (быстродействие) с достоинствами магнитных (энергонезависимость). К сожалению, такой тип памяти также не лишен недостатков, плотность тока записи в такого рода устройствах составляет  $10^6 - 10^7$  А/см<sup>2</sup>, что влечет высокое энергопотребление в цикле записи и повышает риск перегрева. Однако, существует другой способ управления магнитной структурой, требующий значительно меньших затрат энергии. Неоднородный магнитоэлектрический эффект, описываемый инвариантом типа Лифшица  $P_{ME} = \gamma \cdot P \cdot [M(\nabla \cdot M) - (\nabla \cdot M)M]$ , позволяет влиять электрическим полем

на магнитную структуру образца. Поскольку эффект требует неоднородной структуры намагненности, то электрическая поляризация образца в свободном состоянии есть только в доменных границах. Как следует из приведенного выше инварианта, для доменной границы блоховского типа этот эффект равен нулю, и максимален для доменной границы Нееля. Для доменной границы Нееля можно

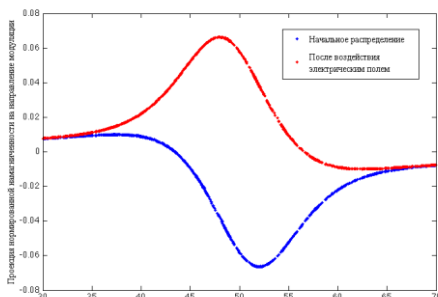


Рис. 1 Изменение киральности  
электрическим полем

ввести параметр киральности, связывающий направление разворота намагниченности при движении от одного домена к другому (по направлению модуляции). Соответственно, изменение киральности доменной границы приводит к изменению электрической поляризации. На рис. 1 представлено изменение проекции на направление модуляции для неелевской составляющей в доменной границе смешанного типа после кратковременного приложения электрического поля. Изменение знака проекции соответствует изменению киральности, что позволяет говорить об управлении магнитной структурой доменной границы электрическим полем.

УДК 537.6

ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЁТА МЕХАНИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ  
ПРОВОЛОКИ С ПОМОЩЬЮ СКАЧКОВ БАРКГАУЗЕНА

Гареев И.Р.

ФТИ БашГУ, г. Уфа, Россия

На данный момент актуальной является задача разработки и совершенствования методов неразрушающего контроля стальных изделий, в частности, методов выявления напряженного состояния и скрытых дефектов, а также разработка программ для получения результатов проведенных измерений.

Одним из наиболее эффективных методов контроля остаточных и приложенных напряжений ферромагнитных материалов, характеристик микроструктуры, толщины упрочненных слоев и др. зарекомендовал себя метод Баркгаузена, основанный на смещении доменных границ кристаллической решетки под воздействием изменяющегося магнитного поля.

В данной работе была улучшена и доработана компьютерная программа, позволяющая обрабатывать результаты измерений, полученных с помощью скачков Баркгаузена. Программа написана на языке Delphi10. Найдены формулы расчета механического напряжения по скачку ЭДС и по времени малого скачка Баркгаузена. Полученные формулы были вставлены в компьютерную программу. В программу добавлен вывод механических напряжений вычисляемых на основе скачках Баркгаузена.

Были введены изменения в код программы, а именно: упрощено обращение к новому файлу (без входа в код компьютерной программы), использован более удобный способ отображения графика зависимости ЭДС выходного сигнала от времени для образца с определенным грузом, добавлен вывод значения абсолютной погрешности, значительно сокращен объем программы, настроен вывод результатов на русском языке с пояснениями.

Литература

1. Ломаев Г.В., Мерзляков Ю.М. Эффект Баркгаузена. Ижевск: УдГУ-ИМИ, 2004 - 164 с.



УДК 546.05

## СИНТЕЗ И СТРУКТУРА ПЛЕНОК $Mg(Fe_{1-x}Ga_x)_2O_{4-\delta}$ НА КРЕМНИИ

Гераськин А.А., Кецко В. А.

Федеральное Государственное бюджетное учреждение науки Институт  
общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова

Российской академии наук, Москва, Россия

Твердый раствор  $Mg(Fe_{1-x}Ga_x)_2O_4$  при  $x=0.2$  обладает наибольшей намагниченностью насыщения при наименьшей ширине запрещенной зоны, что делает этот состав наиболее близким по электрофизическим свойствам к полупроводникам [1]. В докладе рассматривается подход к синтезу пленок указанных феррит-шпинелей методом ионно-лучевого распыления мишеней соответствующего состава на подложки Si, содержащие на поверхности нанослой оксида титана до 6нм. Проведен анализ данных рентгеноструктурных, атомно-силовых и электронно-ионных микроскопических измерений, полевых зависимостей полярного эффекта Керра на пленках состава  $Mg(Fe_{0.8}Ga_{0.2})_2O_{4-\delta}$  толщиной до 0.3мкм. Он показал, что нанослой диоксида титана, выполняя барьерные функции и обладая аморфной структурой, химически и термически инертен к протекающим при высокотемпературной до 1000С кристаллизации процессам. Это эффективно препятствует деградации пленки в процессе высокотемпературного отжига, что обеспечивает ее практически востребованные магнитные и полупроводниковые свойства при комнатной температуре.

### Литература

1. Materials science perspectives for oxide ferromagnetic semiconductors / G.D. Nipan, V.A. Ketsko, A.I. Stognij, N.T. Kuznetsov // Inorganic Materials, 2010. Supplement. Vol.46. No.13. P.35-56.

УДК 537.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДЛОЖКИ НА  
СТРУКТУРНЫЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ZnO,  
ИМПЛАНТИРОВАННОГО ИОНАМИ Fe ИЛИ Co

Гумаров А.И.<sup>1</sup>, Лядов Н.М.<sup>2</sup>, Дулов Е.Н.<sup>1</sup>, Валеев В.Ф.<sup>2</sup>, Dogan N.<sup>3</sup>  
Рамеев Б.З.<sup>2,3</sup>, Маскова А.<sup>4,5</sup>, Hnatowicz V<sup>5</sup>, Тагиров Л.Р.<sup>1,2</sup>, Хайбуллин Р.И.<sup>1,2</sup>

<sup>1)</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

<sup>2)</sup> Казанский физико-технический институт КНЦ РАН, Казань, Россия

<sup>3)</sup> Gebze Institute of Technology, Gebze-Kocaeli, Turkey

<sup>4)</sup> Nuclear Physics Institute of the AS CR, Czech Republic.

<sup>5)</sup> Department of Physics, J.E. Purkinje University, Czech Republic

С целью получения магнитно-разбавленного полупроводника (МРП) на основе оксида цинка, монокристаллические (0001)-пластинки ZnO были имплантированы ионами Co<sup>+</sup> и Fe<sup>+</sup> с энергией 40 кэВ и высокой дозой  $1,5 \times 10^{17}$  ион/см<sup>2</sup> при комнатной (300 К) или высокой (900 К) температуре подложки. Влияние химического типа имплантированной примеси и температуры облучаемой подложки на структурные и магнитные свойства ZnO исследовалось методами обратного Резерфордского рассеяния (ОРР/К), Мёссбауэровской спектроскопии на конверсионных электронах (МСКЭ), оптической спектроскопии и вибрационной магнитометрии (ВМ) в режиме охлаждения образцов без/с магнитным полем (ZFC/FC).

Все имплантированные образцы проявляли сильный ферромагнетизм вплоть до температур 900 К (кобальт) и 600 К (железо), соответственно. Методами ВМ и МСКЭ было выявлено, что доминирующей магнитной фазой в таких образцах являются наночастицы кобальта или железа. В случае имплантации при высокой температуре подложки происходит эффективное восстановление ZnO структуры во время ионного облучения. Оптические спектры и МСКЭ данные подтверждают, что магнитные Co<sup>2+</sup> (или Fe<sup>2+,3+</sup>) ионы изоморфно замещают “домашние” катионы Zn<sup>2+</sup> в кристаллической структуре вюрцита (ZnO). Наблюдение кривых магнитного гистерезиса и незначительное расхождение между ZFC и FC термомагнитными кривыми указывают на существование дальнего магнитного порядка в магниторазбавленных образцах, полученных имплантацией 3d-ионов при высокой температуре подложки 900 К.

*Работа поддержана РФФИ (Россия), грант № 10-02-01130, TUBITAK (Turkey), грант No 209T061, и проектом P108/12/G108 (Czech Republic).*

УДК 535.6+535(075.8)

О СВЯЗИ МЕЖДУ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТЬЮ  
Н-АЛКАНОВ И ИХ КРИТИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ФАЗОВЫХ  
ПЕРЕХОДОВ ПЕРВОГО РОДА ЖИДКОСТЬ - ГАЗ

Дезорцев С.В.<sup>1,2)</sup>, Подъячева К.И.<sup>2)</sup>, Долوماتов М.Ю.<sup>1)</sup>

- 1) Уфимская государственная академия экономики и сервиса, Уфа, Россия
- 2) Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Значительное количество экспериментальных данных о физико-химических свойствах (ФХС) индивидуальных углеводородов позволяет с достаточной эффективностью использовать их как объекты традиционных химических технологий и нанотехнологий.

Теплофизические свойства углеводородных систем достаточно хорошо изучены. Гораздо меньше внимания уделяется изучению их электромагнитных свойств.

Целью работы является выявление характера взаимосвязи между основными физико-химическими и диамагнитными свойствами н-алканов, которые являются выраженными диамагнетиками.

При выполнении работы использованы известные справочные данные. Поскольку метан является исключением из общего ряда, имеет смысл рассмотреть взаимосвязи между основными физико-химическими и диамагнитными свойствами н-алканов в ряду гомологов  $C_2-C_{10}$ . В качестве характеристики магнитных свойств исследовались значения удельной магнитной восприимчивости (УМВ).

Рассмотрение связи между критическими параметрами н-алканов  $C_2-C_{10}$  и их УМВ показывает, что критическая температура фазового перехода первого рода (плавление) связана с магнитной восприимчивостью эмпирической экспоненциальной зависимостью  $T_{кр}=8 \cdot 10^7 \cdot e^{-14,067 \cdot \chi}$  с коэффициентом корреляции  $R=0,99$ .

Для критического давления характерен логарифмический тип зависимости от УМВ:  $P_{кр}=494,45 \cdot \ln(\chi)+107,97$  с коэффициентом корреляции  $R=0,99$ .

Из полученных зависимостей можно сделать вывод, что диамагнитные свойства н-алканов связаны с их критическими свойствами аналогично характеристикам их электронной структуры. Выявленный характер взаимосвязи между критическими и диамагнитными свойствами н-алканов  $C_2-C_{10}$ , а также результаты предыдущих работ позволяют предположить важную роль спиновых взаимодействий в процессах фазовых переходов первого рода.

УДК 519.63

ДИНАМИЧЕСКИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ МАГНИТНЫХ ВИХРЕЙ В  
СПИН-ВЕНТИЛЬНОМ НАНОСТОЛБЧАТОМ ГЕНЕРАТОРЕ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СВЧ СИГНАЛА

А.Е. Екомасов<sup>1</sup>, А.В. Хвальковский<sup>2</sup>, К.А. Звездин<sup>2</sup>, Е.Г. Екомасов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>-Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup>-Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН г. Москва, Россия

В работе проведено численное исследование динамики намагниченности СТНГ, состоящего из трёх слоёв (Ru 4/Cu 10/Ru 15nm) (см. рисунок), в котором намагниченность обоих Ru слоёв может быть поддерживаться в вихревом состоянии, схоже с системой изученной экспериментально в [1]. Когда электрический ток проходит через столбик, возбуждается режим, соответствующий сдвоенной вихревой динамике. Мы изучаем динамику вихревых состояний при различных значениях электрического тока и внешнего. перпендикулярного плоскости образца, магнитного поля. Сравнение полученных результатов с результатами эксперимента, показывает хорошее качественное соответствие между критическими полями переключения направления поляризации коров для различных токов. Для случая малых токов (15-28 мА) поле переключения кора вихря в тонком слое меньше по величине, чем в толстом слое, аналогично экспериментальным результатам. Для случая больших токов (31-40 мА) поле переключения кора вихря в тонком слое больше по величине, чем в толстом слое, аналогично экспериментальным результатам.

Проведенное моделирование позволяет сделать интересное заключение о том, что и динамический [2], и статический [3] сценарии переключения могут наблюдаться при различных полях/токах.

*Работа частично поддержана грантом РФФИ 10-02-01162.*

Литература

1. N. Locatelli et al. // Appl. Phys. Lett. **98**, 062501 (2011).
2. V. Khvalkovskiy, A. N. Slavin, J. Grollier, et al. //Appl. Phys.Lett., **96**, 022504 (2010).
3. Thiaville, J. M. Garcia, R. Dittrich, et al. // Phys. Rev. B **67**, 094410 (2003).

МАГНИТНЫЕ, СТРУКТУРНЫЕ И ЛЮМИНЕСЦЕННЫЕ СВОЙСТВА  
НАНОПОРОШКОВ И ПОКРЫТИЙ  $Al_2O_3$  И  $Al_2O_3-Fe_2O_3$

Ильвес В.Г.<sup>\*\*</sup>, Сюрдо А.И.<sup>\*</sup>, Соковнин С.Ю.<sup>\*\*</sup>, Упоров С.А.<sup>\*\*\*</sup>,  
Мурзакаев А.М.<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.  
Н. Ельцина Екатеринбург, Россия

<sup>\*\*</sup>Институт электрофизики УрО РАН, г.Екатеринбург, Россия

<sup>\*\*\*</sup>Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Обнаружение ферромагнетизма при 300 К в пленках и нанопорошке (НП) недопированного  $Al_2O_3$  послужило отправной точкой для исследования характеристик НП и покрытий  $Al_2O_3$  и  $Al_2O_3-Fe_2O_3$ , полученных испарением импульсным электронным пучком в вакууме. Исследовали три образца НП с концентрацией Fe ( $x_{Fe}$ )=1.1, 2.5, 4.1 мас.%. РФА показал, что в состав всех НП  $Al_2O_3-Fe_2O_3$  входят  $\alpha$  и  $\gamma$  фазы  $Al_2O_3$  и неиндефицированная фаза. По данным электронной микроскопии НП  $Al_2O_3-Fe_2O_3$  состояли из агломератов размером до нескольких сотен нм, образованных наночастицами с близкой к сферической формой, размером не более 3-5 нм. Все порошки показали ферромагнитное поведение при 300К с намагниченностью насыщения в поле 12 кЭ от 0.085 до 0,18 emu/g. Построены температурные зависимости намагниченности НП при их нагреве/ охлаждении в диапазоне 300-1023 К. Установлен значительный температурный гистерезис намагниченности, вероятно вызванный фазовой трансформацией исходных образцов при нагреве. Определены температуры расхождения кривых нагрева и охлаждения и точки Кюри, в зависимости от  $x_{Fe}$ . Обнаружено отсутствие монотонной зависимости намагниченности с ростом  $x_{Fe}$ . Аморфно-нанокристаллические покрытия (А-НК), наоборот, содержали в основном аморфную компоненту с незначительной долей нанокристаллов  $\gamma$ -фазы. Спектры импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) покрытий и НП  $Al_2O_3-Fe_2O_3$  оказались схожими между собой и спектром А-НК покрытия из чистого  $Al_2O_3$ . В допированных НП и покрытиях зависимость спектров свечения ИКЛ от фазового состава и  $x_{Fe}$  не прослеживалась. Исследования термолюминесценции (ТЛ) и оптически стимулированной люминесценции показали, что введение примеси Fe в образцы А-НК покрытий существенно изменяет кривые термовысвечивания и ТЛ-выход. Установлено, что люминесцентные свойства исследуемых А-НК покрытий из  $Al_2O_3$  связаны с содержанием в них  $\gamma$ -фазы. Прослежены фазовые превращения в НП  $Al_2O_3-Fe_2O_3$  с помощью методов сканирующей калориметрии и термогравиметрии в диапазоне 40-1400 °С. Магнитно-люминесцентные свойства НП и покрытий  $Al_2O_3$  и  $Al_2O_3-Fe_2O_3$  указывают на перспективу их использования в дозиметрии, оптоэлектронике и спинтронике.

# СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ФЕРРОМАГНЕТИЗМ ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ НАНОПОРОШКОВ ZnO-Zn-Fe

Ильвес В.Г.<sup>\*</sup>, Упоров С.А.<sup>\*\*</sup>, Соковнин С.Ю.<sup>\*</sup>, Мурзакаев А.М.<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>\*\*</sup>Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Разбавленные магнитные полупроводники привлекают внимание исследователей в связи с их возможным применением в устройствах спинтроники, оптоэлектронике, и микроволновых устройствах [1]. Нанопорошки (НП) ZnO-Zn-Fe ранее не исследовались, поэтому интересно изучить их магнитные свойства в зависимости от концентрации магнитного допанта Fe и проследить за эволюцией магнитного отклика и люминесценции НП после их отжига в окислительной атмосфере.

Методом импульсного электронного испарения мишени в вакууме получены НП ZnO-Zn-Fe удельной поверхностью до 45 м<sup>2</sup>/г (метод ВЕТ, десорбция-сорбция азота на установке TriStar 3000, Micromeritics). Характеристики НП изучены методами: РФА (дифрактометры XRD 7000 и D8 Discover, Bruker), индукционно-связанной плазмы (ICP)(спектрометр iCAP 6300 Duo) и импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) (установка КЛАВИ-1). Магнитные характеристики определяли на весах Фарадея и магнетометре Cryogenic CFS-9T-CVTI при температуре 300 К.

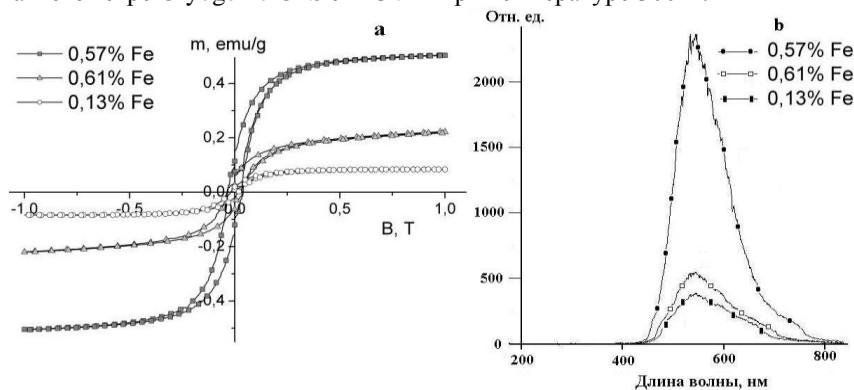


Рис.1 Кривые намагниченности (а) и ИКЛ спектры (б) НП ZnO-Fe в зависимости от концентрации Fe.

1. Snure M., Kumar D., Tiwari A. // Progress in Zno-based diluted magnetic semiconductors. J. of the Minerals, Metals and Materials Society. 2009. V. 61. P. 72-75.

Металлические многослойные наноструктуры («сверхрешетки») представляют большой интерес с точки зрения фундаментальной физики и технологических приложений. Сверхрешетки – искусственные структуры, состоящие из чередующихся ферромагнитных и неферромагнитных слоев, толщины которых составляют единицы нанометров.

Наиболее существенные эффекты, наблюдаемые в этих наносистемах – это эффект гигантского магнетосопротивления и осциллирующее межслойное взаимодействие. На данный момент сравнительно хорошо изучено обменное взаимодействие в системах на основе 3d металлов. Межслойное обменное взаимодействие 3d и 4f магнитных металлов через немагнитную прослойку остается малоизученным.

В настоящем докладе мы представляем результаты исследования структуры и магнитных свойств сверхрешеток Fe/Cr/Gd, где обменное взаимодействие между Fe и Gd осуществляется через прослойку Cr.

Серия сверхрешеток  $[\text{Fe}(50 \text{ \AA})/\text{Cr}(t)/\text{Gd}(35 \text{ \AA})]_{12}$ , где  $t = 4,4 \div 60 \text{ \AA}$ , была выращена методом магнетронного распыления на подложках Si (100). Исследование магнитных свойств сверхрешеток проводилось с помощью SQUID магнетометра

На рис. 1 представлены характерная температурная зависимости намагниченности измеренная во внешнем магнитном поле 500 Э. Результаты анализа говорят о том, что в полученных системах наблюдается новая особенность - температурный максимум намагниченности в системах со сравнительно толстыми слоями Cr. Предполагается, что можно управлять взаимной ориентацией магнитных моментов 3d и 4f металлических слоев, изменяя температуру.

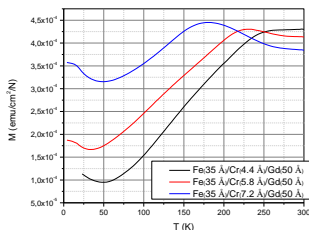


Рис. 1 Температурная зависимость намагниченности измеренная при  $H = 500 \text{ Э}$

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант РФФИ – Урал № 10-02-96033).*

УДК 538.975

## 2D НАНОРАЗМЕРНЫЕ МАГНОННЫЕ КРИСТАЛЛЫ

Беспалов А.В.\*, Голикова О.Л.\*, Савин С.С.\*,

Стогний А.И.\*\*, Новицкий Н.Н.\*\*

\*Московский государственный технический университет радиотехники,  
электроники и автоматики, Москва, Россия

\*\*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по  
материаловедению, Минск, Беларусь

В настоящее время наблюдается значительный интерес к исследованию гетероструктур в виде наноразмерных металлических пленок или мультислоев на субмикронных или микронных по толщине пленках магнитодиэлектриков, в которых периодическое структурирование сопровождается модулированием магнитных свойств (магнетонных кристаллах). В работе на примере пленок Au и Co-Au толщиной менее 10 нм впервые продемонстрирована возможность формирования периодической структуры в виде прямоугольных металлических островков с латеральными размерами до 70 нм на поверхности эпитаксиальных пленок феррит-гранатов. Рассмотрен процесс размерной обработки данных гетероструктур при распылении сфокусированным пучком ионов галлия. Показано, что минимальные размеры металлических островков правильной формы и интервалы их расположения определяются не только минимальным сечением пучка ионов галлия, но и толщиной пленки металла. Данные структуры перспективны для использования в качестве двумерных кристаллов магноники.



УДК 537.61

## НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА В БИСТАБИЛЬНОМ СПИН-ВЕНТИЛЬНОМ ЭЛЕМЕНТЕ (СРР ГЕОМЕТРИЯ)

Скирдков П.Н.<sup>1,2</sup>, Королев Д.М.<sup>1,2</sup>, Звездин К.А.<sup>1,2</sup>, Currivan J.A.<sup>3</sup>, Baldo M.A.<sup>3</sup>, Ross C.A.<sup>3</sup>, Звездин А.К.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ИОФ им А.М.Прохорова РАН, 119991, Москва, ул Вавилова, 38

<sup>2</sup> МФТИ, 141700, Долгопрудный, Институтский пер, 9

<sup>3</sup> Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts 02139, USA

Снижение мощности является одной из наиболее важных проблем цифровой электроники. В связи с утечками, КМОП транзисторы ограничены напряжением питания  $>0.5V$  для переключения состояний. Альтернативным вариантом является создание логики на основе спинтронных устройств, которые могут работать при низких напряжениях и с меньшими затратами энергии. В своей работе мы покажем, как магнитное устройство, которое использовалось для создания магнитной памяти, может успешно выполнять логические функции. В основе данного логического элемента лежит возможность движения доменной стенки в спин-вентильной структуре при помощи спин-поляризованного тока. Рассматриваемая структура состоит из свободного магнитного слоя ( $Ni_{80}Fe_{20}$ ), содержащего доменную стенку, антиферромагнитных контактов по краям, входного контакта и выходного магнитного туннельного контакта по середине. Благодаря наличию антиферромагнитных контактов по краям, система имеет два стабильных состояния положения доменной стенки, отвечающих состояниям On и Off. В случае перпендикулярной инжекции тока, воздействие на доменную стенку имеет нелокальный характер, связанный с возникновением спиновых волн. Для переключения состояний необходимо, чтобы входной сигнал превышал некоторое пороговое значение  $J_c$  для преодоления энергетического барьера в центре системы. В работе исследовано влияние различных компонент вращающего момента на движение доменной стенки в зависимости от плотности тока и геометрических параметров устройства. Отдельно исследовано воздействие локального тока на доменную стенку.

## СЕКЦИЯ «МЕДИЦИНСКАЯ БИОФИЗИКА И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НОВЫХ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ»

УДК 159.9:614.253

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПСИХОЛОГИИ

Ванесян А.С., Журавлёв Г.И.

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

За последние годы значительно возрос интерес к нанопroduкциям и нанотехнологиям в широких спектрах фундаментальной и прикладной науки и техники [1]. В медицинской nanoиндустрии, например, одним из направлений является адресная доставка биологически активных веществ (БАВ) в патологический очаг, что позволяет быстрее добиться эффективности проводимой терапии. Задачей настоящей работы явилось изучение эффективности применяемых нанотехнологий в клинической психологии с целью скорейшего устранения патологических очагов в организме людей, страдающих различными психосоматическими заболеваниями. В своих исследованиях мы исходили из известных фактов, свидетельствующих о том, что железы внутренней секреции синтезируют более 200 БАВ, а все клетки нашего организма – более 2,5 миллионов данных веществ. Нами был предложен метод АМЭРСО (активная мобилизация энергетических резервных систем организма) [2]. Под нашим наблюдением находилось 16 человек с различными психосоматическими заболеваниями. Из них: 10 подростков (14-17лет) с признаками артериальной гипертензии, 1 (47 лет) – с хроническим гломерулонефритом, 1 (53 года) – генерализованным атопическим дерматитом кистей рук лекарственной этиологии и 4 онкобольных. Число занятий (АМЭРСО) колебалось от 10 до 40. Эффективность занятий контролировалась результатами клинико-лабораторных данных, а также с помощью УЗИ, КТ, МРТ и других методов исследования. Результаты проведённых занятий свидетельствовали о высокой эффективности предложенных нами нанотехнологий (метод АМЭРСО) в клинической психологии и необходимости их широкого внедрения в практическую психологию и медицину.

### Литература

1. М.М.Алфимова. Занимательные нанотехнологии. – М.:Бином, 2011. – С.96
2. А.С. Ванесян, Р.З.Бахтизин, Журавлёв Г.И., М.Е.Сандомирский. – Антистрессовый метод АМЭРСО и оценка его эффективности с использованием неинвазивных исследований. Метод. указания для студентов ф-та психологии. Уфа, 2011.

РЕНТГЕНОВСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ  
В НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ КОБАЛЬТЕ

Габдрахманова Л.А., Трубкулова С.Ф.

Башкирский государственный университет, Уфа

В данной работе представлены результаты рентгеновских исследований структурных превращений в нанокристаллическом кобальте. Образцы получены путем пластической деформации кручением. Электронно-микроскопические исследования [1] не позволяют определить фазовый состав и размеры зерен пластически деформированных образцов кобальта из-за размытости границ. Оценка показывает, что размеры зерен по данным электронно-микроскопических исследований составляют примерно 15-20 нм [1]. Отжиг при температурах до 400°C не приводит к существенному изменению микроструктуры образцов. После отжига при  $T \sim 500^\circ\text{C}$  на микроструктуре проявляются очертания зерен с размерами порядка 500 нм.

Наши исследования показали, что в результате отжига при температурах до 450°C кристаллическая структура кобальта остается гексагональной плотно-упакованной. Это согласуется с литературными данными для крупнокристаллического кобальта, который при температуре  $\sim 460^\circ\text{C}$  имеет фазовый переход типа ГПУ $\leftrightarrow$ ГЦК. Однако пластически деформированный кобальт, отожженный при 500°C, имеет высокотемпературную ГЦК модификацию. Это свидетельствует о том, что в пластически деформированном кобальте переход из высокотемпературной ГЦК фазы в низкотемпературную ГПУ фазу не наблюдается. Далее, только после отжига при температурах выше 500°C на рентгенограммах появляются линии низкотемпературной ГПУ фазы. Мы полагаем, что задержка фазового перехода в пластически деформированном кобальте обусловлена сильным размельчением кристаллитов образца. При малых размерах кристаллитов выгодна более плотноупакованная ГЦК-фаза. Отжиг при температурах до  $\sim 500^\circ\text{C}$  не приводит к существенному росту кристаллитов и в этих образцах сохраняется высокотемпературная ГЦК фаза. При дальнейшем отжиге часть кристаллитов вырастают до критического размера и переходят в низкотемпературную ГПУ фазу. Наши исследования показали также, что отжиг в течение 1 часа при температуре 900°C не приводит к полному исчезновению на рентгенограммах линий высокотемпературной ГЦК фазы. Средний размер ОКР пластически деформированных образцов составляет примерно 20÷25 нм. Отжиг при температурах до 600°C незначительно влияет на размеры ОКР, что согласуется с данными электронной микроскопии. Скачкообразный рост размеров ОКР наблюдается при температурах выше 600°C.

1. Валеев И.Ш., Сергеев В.И., Мулюков Х.Я. Термическое расширение кобальта в различных структурных состояниях//ФТТ, т.51, №3, с.558 (2009).

УДК 519.34:547.772:547.953.2

ИЗУЧЕНИЕ КОНФОРМАЦИОННЫХ СОСТОЯНИЙ МОЛЕКУЛЫ  
ФОСФАТИДИЛХОЛИНА НА БИСЛОЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕМБРАН

Загитов Г.Н., Зелеев М.Х., Усманова С.И.

Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия

Молекулы фосфатидилхолина обладают свойством амфифильности. В водной фазе фосфатидилхолин образует ламеллярные фазы, у которых жирнокислотные цепочки защищены от воды, а полярная часть контактирует с водой.

Если суспензию липида в водной фазе осторожно встряхивать механическим способом или обработать ультразвуком, фосфолипидные однослойные, а также многослойные бислои самопроизвольно разрываются и захлопываются в везикулы сферической формы, состоящие из ряда concentрических ламелл и окружаемого им внутреннего водного пространства. Такие везикулы в литературе называются липосомами.

Липосомы являются хорошими моделями биологических мембран. На основе липосом можно изучать проницаемость биологических мембран к различным молекулам. Проницаемость биологических мембран в значительной степени зависит от конформационных состояний от самих фосфолипидных молекул на бислое.

Для оценки конформационных состояний фосфолипидов на бислое мы использовали ЯМР спектроскопию с применением сдвигающих спектральных линий редкоземельных парамагнитных ионов.

По величине индуцированных ионами редкоземельных металлов сдвигов спектральных линий различных атомных групп в полярной части фосфолипидов можно оценить конформацию фосфолипидов на мембране. В работе изучается изменение конформационного состояния фосфолипидов на бислое в присутствии молекулы пиперазина, являющейся основой некоторых групп лекарственных веществ.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЫ ДНК МЕТОДАМИ СКАНИРУЮЩЕЙ  
ТУННЕЛЬНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Шарипов Т.И., Бахтизин Р.З.

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Использование молекул ДНК в нанoeлектронных устройствах представляется очень перспективным, что вызывает значительный интерес к процессам переноса заряда в этих молекулах. СТМ-исследование поверхности золота с иммобилизованными молекулами ДНК проводилось в режиме постоянного туннельного тока. На СТМ-изображении (Рис. 1а) наблюдаются темные области малого диаметра - молекулы ДНК. Их латеральные размеры сходятся с размерами ДНК на АСМ-изображениях.

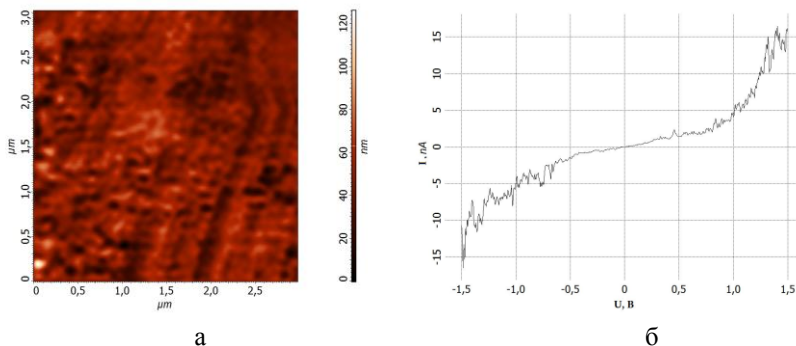


Рис. 1 а) СТМ-изображение молекул ДНК на поверхности золота

б) Вольт-амперные характеристики молекул ДНК

После получения ряда СТМ-изображений и идентификации молекул ДНК на них мы приступили к снятию вольтамперных характеристик (ВАХ) (Рис. 1б) в темных точках, где предположительно и располагаются молекулы ДНК.

Кривая ВАХ имеет симметричный вид относительно нулевых значений как тока, так и напряжения. Вид кривой зависимости тока от напряжения нелинейный. Интересно отметить, что на участках ВАХ с выраженным проявлением нелинейности ( $U$  больше  $1B$ ) заметен рост дисперсии флуктуаций мгновенных значений туннельного тока.

НАНОБИОЭЛЕКТРОХИМИЯ  
ФУНКЦИОНАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ БЕЛКОВ

Кузиков А.В., Булко Т.В., Супрун Е.В., Шумянцева В.В., Арчаков А.И.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт биомедицинской химии имени В.Н. Ореховича» Российской академии медицинских наук, Москва, Россия

Электрохимические методы позволяют проводить прямую регистрацию процессов электронного транспорта в функциональных белок-белковых комплексах в режиме реального времени, исследовать каталитическую активность цитохрома P450 – основного фермента метаболизма лекарств и изучать влияние биологически активных соединений на электрокатализ. Электрохимический подход является высокочувствительным, позволяющим использовать низкие концентрации белка на электроде (до  $10^{-15}$  моль/электрод), проводить анализ без участия белков-партнеров и выявлять взаимодействия лекарственных препаратов на доклинических испытаниях [1].

Электрохимический анализ проведен методами циклической и квадратно-волновой вольтамперометрии. Гемопротейны иммобилизовались на поверхности печатного графитового электрода модифицированного нанокompозитным материалом на основе синтетического биосовместимого мембраноподобного вещества – дидодецилдиметиламмония бромид и наночастиц золота. Электрохимическое восстановление гемопротейнов проводилось при потенциале -0,5 В.

Показано активирующее влияние микросомального цитохрома  $b_5$  на электрокатализ цитохрома P450 3A4 по отношению к тестостерону, а также влияние различных лекарственных препаратов и антиоксидантов на каталитическую активность цитохрома P450. Кислород является косубстратом каталитического цикла цитохрома P450. По росту тока восстановления были рассчитаны кинетические константы скорости окисления цитохрома P450 3A4 в присутствии кислорода.

Литература

1. Makhova, A., Shumyantseva, V., Shich, E., Bulko, T., Kukes, V., Sizova, O., Ramenskaya, G., Usanov, S., Archakov, A. (2011) BioNanoScience, **1**, 46-52.

УДК 538.91

## ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОБАЛЬТИТА ЛИТИЯ

Халиуллина Р.Г., Курбангулов А.Р., Муллабаев А.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В качестве активных материалов положительных электродов в настоящее время используют литированные оксиды металлов переменной валентности, чаще всего слоистый кобальтит лития  $\text{LiCoO}_2$ . Это соединение имеет ромбоэдрическую структуру (пространственная группа  $R\bar{3}m$ ) с параметрами элементарной ячейки  $a=2,82$  Е,  $c=14,05$  Е. Его преимущества по сравнению с другими катодными материалами в несложном синтезе, в большом количестве циклов и в большом сроке жизни батареи.

Кобальтит лития  $\text{LiCoO}_2$  был получен из нитратов лития, кобальта и амина (хинолин, пиридин). Полученные образцы подвергались отжигу при температуре  $900$  °С в муфельной печи на воздухе. Аттестация образцов кобальтита лития  $\text{LiCoO}_2$  проводилась на дифрактометре ДРОН 4-07 на излучении  $\text{Cu-K}\alpha$ . Измерения показали, что синтезированные соединения и на хинолине и на пиридине являются однофазными. Рассчитанные параметры кристаллической решетки находятся в хорошем соответствии с литературными данными.

Изучение распределения частиц по размерам было произведено на анализаторе SALD-7101 фирмы «Shimadzu» Япония. Показано, что размеры частиц образцов, синтезированных с помощью хинолина и пиридина находятся в диапазоне (2ч100) мкм.

Диэлектрические свойства кобальтита лития были измерены на установке, состоящей из термостата и измерителя RLC (емкости, сопротивления, индуктивности и тангенса угла диэлектрических потерь). Нагрев осуществлялся внутри рабочей камеры термостата, куда помещалась кассета с исследуемым образцом. Измерения проводились в интервале температур от комнатной до  $100$  °С при двух различных частотах.

Диэлектрическая проницаемость  $\epsilon$  определялась по формуле:

$$\epsilon = Ch / (\epsilon_0 S),$$

где  $C$  - емкость образца (Ф);  $h$  - толщина образца (м);  $S$  - площадь образца ( $\text{м}^2$ );  $\epsilon_0$  - диэлектрическая постоянная,  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

Исследование диэлектрической проницаемости кобальтита лития показало, что ее величина зависит от частоты и с повышением температуры диэлектрическая проницаемость растет.

ПРИМЕНЕНИЕ USB-ОСЦИЛЛОГРАФА В  
ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ  
Хисматуллина З.Р., Шарафутдинова Л.А., Федорова А.М.  
Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Традиционно большинство исследователей понятие «цифровая обработка сигналов» (ЦОС) относит к обработке сигналов техногенного происхождения, связанных в основном с теми или иными средствами связи и вещания. Однако, само понятие «обработка сигналов» впервые встречается именно в медицине и связано с математическим анализом кардиограмм, начатом Эйнтховеном в 1903 году (Einthoven, 1902).

В настоящее время в медико-биологических исследованиях существует много классов задач, требующих цифровой обработки сигналов. С появлением и внедрением цифровых технологий обработки изображений появились новые методики томографии: рентгеновской, магнито-резонансной, позитронно-эмиссионной, а также автоматическая микроморфометрия клеток крови. В последние десятилетия ЦОС находит применение и в функциональной диагностике. Широкое распространение получил осциллографический метод представления биологической и медицинской информации, например, эхокардиография, электроэнцефалография и др.

Наши исследования посвящены изучению ЭЭГ мозга при эпилепсии. При повышенной судорожной активности ЭЭГ отличается наличием на ЭЭГ высокочастотных пик-волновых разрядов, позволяющих говорить о предрасположенности к абсансной эпилепсии (Пенфилд, Эриксон, 1949; Егорова, 1973; Бехтерева и др., 1973; Зенков, 1996). С целью их выявления, посредством хронических никромовых электродов, вживленных в различные структуры мозга крысы по стереотаксическим координатам, регистрировали фоновую ЭЭГ. Сигнал с электродов поступает на усилитель биопотенциалов УБП, затем на цифровой USB-осциллограф. Аналоговый сигнал, приходящий на вход осциллографа, преобразуется в цифровой сигнал, на основании которого компьютер строит ЭЭГ-кривую. В дальнейшем последняя подвергается математико-статистической обработке.

Таким образом, на нашей кафедре был успешно внедрен USB-осциллограф, что позволило облегчить обработку изображения, хранение и передачу биомедицинских визуальных данных.



УДК 633.16:632.95.025.8:571.11

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСОВ НАНОЧАСТИЦ СЕРЫ С ГЛИКОЛЯМИ И СПИРТАМИ К ФИТОПАТОГЕННЫМ ГРИБАМ

Нургалеева Э. З., Хайруллина Р. А., Массалимов И. А., Зимин Ю. С.,  
Ямалеева А. А., Мустафин А. Г.

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Выявлена биологическая активность различных добавок гликолей и спиртов к дисперсии наночастиц серы. Установлено, что наночастицы серы в диапазоне меньше, чем 100 нм, обладают высокой биологической эффективностью к фитопатогенам (50-70%). Высокая степень проявления защитных реакций объясняется активацией сигнальных систем (фосфатидатной, NO-синтазной, кальциевой и др.) и их комплексов, способствующих противостоянию растений к грибным заболеваниям [1]. Наряду с устойчивостью выявлены положительные изменения в биохимическом составе (увеличение содержания полноценных белков, моносахаридов, витаминов группы В и т.д.). В частности по отношению к *Triticum aestivum* выявлена биологическая эффективность этих наноконструктивных препаратов против *Fusarium ssp.*, *Sorokiniana* [2]. Таким образом, комплексные соединения наночастицы серы могут быть использованы как эффективное средство в защите растений от фитопатогенов и как регуляторы метаболических процессов на молекулярном, клеточном и организменном уровнях.

### Литература

1. Тарчевский И. А. Метаболизм растений при стрессе .- Казань: ФЭН, 2001.-448 с.
2. Ямалеев А. М. и др. Экологизированная система защиты зерновых и зернобобовых культур от болезней, вредителей и сорняков в Башкортостане.- Уфа, 2006.- 91 с.

УДК 504:539-022.532

ПРОБЛЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
КОНТРОЛЯ НАНОТОКСИЧНОСТИ  
СПИРТОВОДНЫХ СМЕСЕЙ

Гоц С.С., Севницкий С.А., Журавлев Г.И.

[g\\_ss@rambler.ru](mailto:g_ss@rambler.ru), [sevnizkii@rambler.ru](mailto:sevnizkii@rambler.ru),

ФГБОУ ВПО Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия  
ФБУ ЦСМ РБ Государственный региональный центр стандартизации,  
метрологии и испытаний в РБ

В настоящее время для качественной финишной очистки питьевой воды, пищевого спирта и спиртоводных смесей медицинского и пищевого назначения широко используют адсорбционные фильтры, где в качестве фильтрующего элемента применяют активированный уголь (АУ). Высокие адсорбционные показатели АУ ставят его в ряд наиболее эффективных средств очистки спиртоводных смесей. В нашей стране АУ начали широко применять, начиная с 30-х годов прошлого века, а с начала 90-х годов АУ стали использовать в бытовых фильтрах очистки питьевой воды.

Появившиеся в последние годы новые нормативные документы и новые технологические решения в области нанотоксикологии обозначили реальную потребность в разработке новых научно-обоснованных методик диагностики на содержание наночастиц активированного угля в питьевой воде и спиртоводных смесях пищевого и медицинского назначения.

## СЕКЦИЯ «ПРОБЛЕМЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ»

УДК 539.231

ЭМИССИОННЫЕ СВОЙСТВА СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛ-ПОЛИАНИЛИН

Салимов И.М., Шаяхметов Р.У.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

В настоящей работе проведено изучение полевой эмиссии электронов из полимерной (полианилин) пленки, нанесенной на поверхность вольфрама в условиях сверхвысокого вакуума с помощью ячейки Кнудсена. Проведено измерение вольт-амперной характеристики исходной (атомарно-чистой) поверхности вольфрама и с полимерной пленкой. Целью работы явилось также изучение энергетического спектра эмитированных электронов. В этом полимере можно реализовать аномально высокий уровень проводимости без использования процедуры допирования. Явление аномально высокой проводимости в тонких полимерных пленках это, по-видимому, одно из немногих проявлений наноэлектронных свойств материалов, то есть электронных свойств, присущих только объектам пониженной размерности.

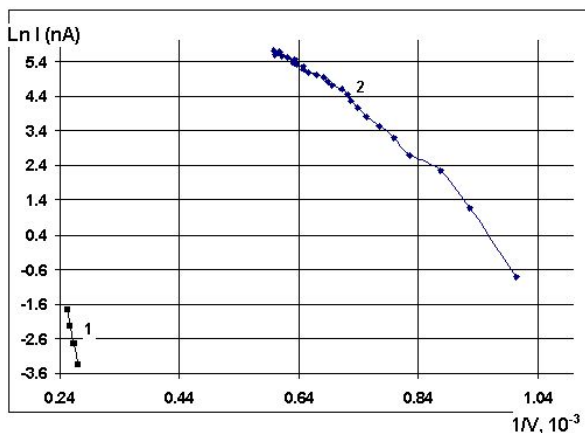


Рис.1 Характеристики Фаулера-Нордгейма для чистого вольфрама (1) и с пленкой полианилина (2)

Проведенные исследования в данной работе показали высокую эмиссионную способность катода покрытой полианилином, что показано на рис.1. Исследования проводились на установке, включающий в себя полевой эмиссионный микроскоп и электронный спектрометр.

# К ВОПРОСУ О СТАБИЛЬНОСТИ ОГРОМНОГО МАГНЕТОСОПРОТИВЛЕНИЯ В СТРУКТУРАХ НА ОСНОВЕ НЕСОПРЯЖЕННОГО ПОЛИМЕРА

Акберова Л.И., Лачинов А.А.

Башкирский государственный педагогический университет, Уфа, Россия

Большой интерес к проблеме управляемого транспорта спинполяризованных носителей заряда связан с уникальными возможностями его применения в устройствах обработки и хранения информации. Эти устройства обещают решить многие проблемы традиционной микроэлектроники: энергонезависимость, уменьшение энергопотребления, увеличение плотности логических элементов и скорости обработки данных. Самым заметным проявлением спин - зависимых свойств материала является магнетосопротивление.

Ранее был обнаружен эффект огромного магнетосопротивления (ОМС) в структурах металл/несопряженный полимер. Особенности этого эффекта являются:

- Величина изменения проводимости достигала 10 порядков;
- Обратимость изменения сопротивления;
- Малые магнитные поля воздействия: до 300 мТл;
- Комнатная температура.

В данной работе была исследована временная стабильность полученного эффекта. В докладе приводятся и анализируются данные полученные при исследовании эффекта огромного магнетосопротивления в структурах, изготовленных от 5 лет до 1 года назад.

## РОЛЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СОСТОЯНИЙ ДЛЯ ЭФФЕКТА ОГРОМНОГО МАГНЕТОСОПРОТИВЛЕНИЯ

Лачинов А.А.

Башкирский государственный педагогический университет, Уфа, Россия

Ранее был обнаружен эффект огромного магнетосопротивления в структуре ферромагнетик/несопряженный полимер/немагнитный металл. Эффект наблюдается в нормальных условиях и при комнатной температуре, отличается большим изменением проводимости (до 10 порядков), обратимостью и возникает при воздействии малых магнитных полей (до 300 мТл).

В связи с этим полученный эффект обладает большим потенциалом применимости в различных устройствах спинтроники: от магнитных датчиков до ячеек памяти.

Также было установлено, что параметры эффекта сильно зависят от структуры экспериментальных образцов, а именно от материала металлических слоев. Оказалось, что на различных образцах можно добиться возникновения бистабильного и моностабильного переключений проводимости.

В докладе рассматривается данный аспект эффекта огромного магнетосопротивления, предлагается объяснение с точки зрения влияния поверхностных электронных состояний.

УДК 538.97

НАДМОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ  
ПЛЕНОК ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА<sup>1</sup>

Байбулова Г.Ш.<sup>1</sup>, Галиев А.Ф.<sup>1</sup>, Жданов Э.Р.<sup>1</sup>,  
Корнилов В.М.<sup>2</sup>, Калимуллина Л.Р.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Башкирский государственный педагогический университет им.  
М.Акумлы, Уфа, Россия

<sup>2</sup> Институт физики молекул и кристаллов УНЦ РАН, Уфа, Россия

Целью настоящей работы является комплексное исследование надмолекулярной структуры тонких пленок полидифениленфталида (ПДФ), в которых в результате процессов самоорганизации возникают массивы квазиодномерных электропроводящих структур. Исследования проводились методами квантово-химического анализа и методом атомно-силовой микроскопии (АСМ). В качестве объекта исследования был выбран ПДФ, который растворим в органических растворителях и обладает хорошими пленкообразующими и электрофизическими свойствами [1]. В работе были смоделированы и проанализированы фрагменты полимерной макромолекулы ПДФ, состоящие из девяти структурных единиц. Квантово-химические расчеты структур проводились полупирическим методом в параметризации AM1 и ограниченным методом Хартри-Фока (RHF) в валентно расщепленном базисе 3-21G. Было установлено, что энергетически наиболее выгодными конфигурациями макромолекул являются линейная синдиотактическая и спиральная изотактическая. Исследования сколов субмикронных пленок ПДФ методом АСМ позволили обнаружить два типа надмолекулярного упорядочения: поверхностное и объемное. Анализ полученных экспериментальных результатов с результатами квантово-химического моделирования позволил сделать вывод о том, что макромолекулы в поверхностных слоях полимерной пленки преимущественно ориентированы вдоль поверхности и имеют линейную синдиотактическую конфигурацию, а глобулярная структура объемных слоев определяется спиральной изотактической конфигурацией.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №11-02-01445-а., ФЦП лот №2012-1.3.2-12-000-2003-9529 и №2012-1.4-12-000-1009-344.*

Литература

1. А.Н. Лачинов, Н.В. Воробьева // УФН. – 2006. - т.176. - с.1249-1266

УДК 538.9

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКОВ ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННОЙ ДЕПОЛЯРИЗАЦИИ В НАНОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУРАХ

Воробьев А.Ю., Пономарев А.Ф.

Бирский филиал Башкирского государственного университета, Бирск,  
Россия

Для решения встающих перед современной микроэлектроникой задач (например, проблемы концентрации и подвижности носителей заряда) актуальным является использование новых материалов. Благодаря своим физическим свойствам, дешевизне и относительной простоте производства, в последние годы наиболее перспективными считаются проводящие полимеры. Для исследования строения полимерных пленок используется ряд лабораторных аналитических технологий. Одним из перспективных методов считается термодеполяризационный анализ или метод термостимулированной деполяризации (ТСД) [1].

В работе определялись количественные характеристики релаксационных процессов в полидифениленфталиде на основе исследования спектров ТСД. Схема эксперимента следующая: исследуемый образец поляризуется электрическим полем и замораживается. Далее образец накоротко замыкается через измерительный прибор и нагревается по линейному закону. В результате эксперимента были получены спектры тока термостимулированной деполяризации при разных величинах поляризующего напряжения и для образцов с различным химическим составом. Была показана зависимость величины максимума тока релаксации от величины поляризующего напряжения и рассчитаны величины энергии активации при различном химическом составе образцов.

Метод ТСД может быть эффективно использован при исследовании любых физических явлений, происходящих в диэлектриках, если при этом происходит изменение концентрации, зарядового состояния и пространственного положения электрически активных дефектов в этих материалах.

### Литература

1. Гороховатский Ю. А. Основы термодеполяризационного анализа. – М.: Наука, 1981

УДК 538.9

ВЛИЯНИЕ ФТАЛИДНЫХ ГРУПП НА ТРАНСПОРТ НОСИТЕЛЕЙ  
ЗАРЯДА ВДОЛЬ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ДВУХ ПЛЕНОК  
ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА.

Гадиев Р.М., Галиев А.Ф.

ФГОУВПО Башкирский государственный педагогический  
университет им. М.Акумлы, Уфа, Россия

В работе [1] исследовался транспорт носителей заряда вдоль границы раздела двух органических полимерных (полидифениленфталид) материалов. Исследование температурной зависимости проводимости четырехзондовым методом продемонстрировало металлоподобную температурную зависимость с отрицательным температурным коэффициентом. Подвижность носителей заряда составила  $\sim 4 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ , что почти на пять порядков превышает объемную подвижность, измеренную время - пролетным методом  $\mu \sim 10^{-6} \text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ .

Для проверки гипотезы о влиянии боковых фталидных групп, входящих в состав полимерной цепочки, на формирование области с высокой проводимостью было исследовано влияние концентрации фталидных групп на уровень электропроводности вдоль границы раздела двух полимерных пленок. Концентрацию фталидных дипольных группировок в полимерной пленке изменяли путем введения в нее разного 3,3-дифенил- 4,4-дикарбоновой кислоты.

Растворы, из которых отливали пленки, содержали 5%, 10%, 20%, 30% и 40% массовой доли кислоты от массы сухого вещества в растворе.

Анализ ВАХ показал, что с увеличением концентрации добавки в первой пленке, происходит увеличение проводимости вдоль границы раздела. Причем максимальная проводимость соответствует концентрации добавки в 20%, дальнейшее увеличение концентрации ведет к уменьшению проводимости.

Детальный анализ АСМ-изображений поверхности пленок выявил, что для концентраций 0-30 % существенных отличий в морфологии поверхности не наблюдается. С дальнейшим увеличением концентрации на поверхности пленок начинают проявляться.

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 11-02-01445-а,  
12-02-31421 мол\_а.*

Литература

1. Gadiev R.M., Lachinov A.N., Kornilov V.M., Salikhov R.B., Rakhmееv R.G and Yusupov A.R. Appl. Phys. Lett. 2011. Vol. 98. P.173305



УДК 539.23

## К ВОПРОСУ О СТРУКТУРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЯХ ПЕРЕХОДНОГО СЛОЯ МЕТАЛЛ - ПОЛИМЕР

Галиев А.Ф.

Башкирский государственный педагогический университет, Уфа, Россия

В связи с потребностями современных технологий постоянно растет интерес к электрофизическим процессам, протекающим в системах с характерными размерами 100 nm и ниже. Это могут быть пленки, границы раздела, квазиодномерные и молекулярные проводники, квантовые ямы, разного рода гетероструктуры и т.д. Известен круг явлений (эффекты переключения), позволяющие создавать электропроводящие нанометровые области (каналы) в диэлектрической матрице [1]. При этом электрическим состоянием каналов можно управлять при помощи различных внешних воздействий.

Отмечается рост интереса к сэндвич-структурам, обладающим свойствами бистабильного переключения и отрицательного дифференциального сопротивления. Это связано с широкими возможностями применения таких структур в энергонезависимых элементах памяти [9]. Самым важным в данном случае является вопрос о механизме локального изменения проводимости, а в более широком смысле – вопрос о механизме генерации и переноса заряда в тонких слоях органических диэлектриков, который по-прежнему остается дискуссионным.

Переключение в высокопроводящее состояние происходит в полимерных пленках, имеющих толщину меньше некоторой критической (субмикронные пленки). В этом случае сильно влияние инжекции электронов из контактирующего с полимерным слоем электрода. В этой связи важное значение приобретает состояние, строение и свойства переходного слоя металл-полимер.

В данной работе, методом атомно-силовой микроскопии исследовано морфологическое строение и электрические характеристики переходной области металл-полимер; особенности роста металлических пленок на поверхности полимерной пленки в процессе термического напыления в вакууме.

### Литература

1. Корнилов В.М., Лачинов А.Н., Ярыжнов А.М.. Нанотехника, 2009, - №4(20), с.13.

УДК 535.6+535(075.8)

О СВЯЗИ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ И КВАНТОВЫХ СВОЙСТВ  
ПРЕДЕЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Дезорцев С.В., науч. рук. проф. Доломатов М.Ю.

Уфимская государственная академия экономики и сервиса, Уфа, Россия

Оценка физико-химических свойств углеводородов имеет большое значение в теории химического строения вещества и инженерной практике. Физико-химические свойства (ФХС) *n*- и изо- алканов наиболее изучены.

Нами установлены количественные закономерности, связывающие макроскопические свойства углеводородов с характеристиками их электронной структуры [1]:  $Z = \alpha_i \cdot e^{\beta_i \cdot E}$ ,

где *Z* – физико-химическое свойство (например, температура кипения, молекулярная масса, плотность и т.д.);  $\beta_i$  и  $\alpha_i$  – соответствующие эмпирические коэффициенты, которые зависят от топологии углеводородных систем и, по-видимому, могут быть связаны с топологическими индексами химической структуры; *E* – характеристика электронной структуры (расчетные значения энергий высшей занятой и низшей свободной молекулярных орбиталей, потенциал ионизации и средство к электрону, а также ширина зоны проводимости).

Наилучшие корреляции макроскопических свойств с квантовыми характеристиками наблюдаются в ряду *n*-алканов  $C_1$ - $C_{10}$  для расчетных значений энергий высшей занятой и низшей свободной молекулярных орбиталей, а также ширины зоны проводимости. Результаты исследований подтверждены путем сопоставления экспериментальных значений потенциалов ионизации *n*-алканов, полученных методом фотоэлектронной спектроскопии и справочных данных по ФХС. Полученная зависимость подтверждена статистической обработкой данных [2] и для ряда *n*-алканов  $C_1$ - $C_{10}$  имеет коэффициент корреляции  $R=0,9540,99$ , для ряда изо-алканов  $C_4$ - $C_{10}$  коэффициент корреляции  $R=0,8940,96$ .

Существование таких корреляций означает наличие принципа прогнозирования физико-химических свойств непосредственно из квантовых расчетов и данных фотоэлектронной спектроскопии.

#### Литература

1. Dezortsev S.V., Dolomatov M.Yu., Shutkova S.A., Shuyakovskaya D.V. XVIII International Conference on Chemical Thermodynamics in Russia, Samara, October 3-7, 1, 71-73 (2011)
2. S. Dezortsev, M. Dolomatov. 4<sup>th</sup> EuCheMS Chemistry Congress, Czech Republic, Prague – Chem Listy 106. , 864 (2012)

ИЗУЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ТОКОВ  
ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННОЙ ДЕПОЛЯРИЗАЦИИ  
ФТАЛИДСОДЕРЖАЩИХ СО-ПОЛИАРИЛЕНЭФИРКЕТОНОВ

Ильясов В.Х.<sup>1</sup>, Пономарев А.Ф.<sup>1</sup>, Лачинов А.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Бирский филиал Башкирского государственного университета, Бирск,  
Россия

<sup>2</sup> Институт физики молекул и кристаллов УНЦ, Уфа, Россия

В работе [1] при исследовании методом ТСД пленок полидифениленфталида (ПДФ) были выявлены механизмы дипольной поляризации, связанные с боковыми фталидными фрагментами. При этом происходило дополнительное формирование объемного заряда за счет наличия в тонкой пленке полимера ловушечных состояний, заполняемых инжектированными зарядами. Значительный дипольный момент и подвижность фталидного фрагмента позволяет предположить, что величина заряда, высвобождаемого в процессе деполяризации, должны зависеть от содержания этих фрагментов в полимерной цепи. В связи с этим, целью исследования являлось изучение влияния химической структуры полимеров, на температурную зависимость деполяризации. С наличием фталидного фрагмента связывают во многих работах необычные электронные свойства тонких полимерных пленок [2]. Однако, до сих пор практически не было работ, в которых бы были проведены систематические исследования вклада боковых фталидных группировок в механизмы генерации и транспорта носителей заряда. Наиболее важным представляется вопрос о том, какое количество фталидных группировок является достаточным для поддержания того или иного кинетического процесса в тонких пленках. В связи с этим, важно было провести исследования с синтетическими полимерными объектами, в которых количество фталидных группировок регулировалось на стадии химического синтеза. Для решения этой задачи были использованы сополимеры (со-ПАЭК) на основе бисфенола, фенолфталеина и 4, 4' – дифторбензофенона с содержанием фталидного фрагмента 1 %, 3 %, 5 %, 10 %, 15 % и 20 % мол., которые обозначим полимер 1, 2, 3, 4, 5 и 6 соответственно

#### Литература

1. А.Н Лачинов., В.Х Ильясов., А.Ф Пономарев. Химическая физика. Т.28. №8 (2009)
- 2.. А.Н. Лачинов, Н.В. Воробьева. УФН. Т. 176.- № 12. (2006)

УДК 538.97

ПРИНЦИП ВЫБОРА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОННОЙ  
СТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДНЫХ ФТАЛИДА

Калимуллина Л.Р.<sup>1,2</sup>, Байбулова Г.Ш.<sup>1</sup>, Жданов Э.Р.<sup>1</sup>, Асфандияров Н.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Башкирский государственный педагогический университет им.М.Акмиллы  
, Уфа, Россия

<sup>2</sup> Институт физики молекул и кристаллов УНЦ РАН, Уфа, Россия

Целью данной работы является исследование влияния избыточного заряда на электронную и геометрическую структуру, а также теоретическая оценка потенциала ионизации (IP) и сродства к электрону (EA) некоторых представителей ариленфталидов.

В пленках полиариленфталидов было обнаружено множество эффектов, связанных с переключением из низкопроводящего в высокопроводящее состояние. Очевидно, наличие подобных эффектов связано с изменением электронной структуры молекул этих полимеров. Поэтому для объяснения природы наблюдаемых эффектов чрезвычайно важным является привлечение методов квантово-химического моделирования. В качестве основного метода исследования применялся метод теории функционала плотности UB3LYP/6-31+G(d).

В докладе представлены результаты оптимизации геометрии и рассчитаны энергетические характеристики модельных молекулярных систем. В частности, были определены полные энергии молекул и их отрицательных и положительных ионов в молекулярной и оптимизированной ионной геометрии; энергии верхних занятых и нижних вакантных молекулярных орбиталей; величины вертикального и адиабатического электронного сродства и потенциала ионизации для каждой рассматриваемой системы.

Существует несколько подходов для теоретической оценки IP и EA. Первый подход связан с использованием так называемого приближения теоремы Купманса. Для количественного согласия с экспериментом, результаты расчета подвергаются процедуре шкалирования,  $EA = a\varepsilon + b$  где  $a$  и  $b$  константы. Второй подход теоретической оценки IP и EA следует из определений потенциала ионизации и энергии сродства к электрону.

В работе были проведены теоретические оценки потенциалов ионизации и энергии сродства нескольких модельных соединений в рамках обоих подходов.

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №№ 11-02-01445-а, 12-02-31421-мол\_а*

ИЗУЧЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ ТОНКИХ ПЛЕНОК  
ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА

Карамов Д.Д., Корнилов В.М.

Институт физики молекул и кристаллов УНЦ РАН, Уфа, Россия

В тонких субмикронных пленках широкозонных полимеров за последние годы обнаружено большое количество интересных с фундаментальной точки зрения и важных с практической стороны электронных явлений [1].

В настоящей работе исследовались релаксационные свойства индуцированного заряда в тонких пленках полидифениленфталида (ПДФ). В качестве объекта исследования использовались пленки на чистой кремниевой подложке и напыленной медью.

Изучение поляризации тонких пленок ПДФ проводили с использованием метода пьезоэлектрической силовой микроскопии (ПСМ). Основная идея силовой микроскопии пьезоотклика заключается в локальном воздействии на исследуемый образец переменного электрического поля и анализе результирующих колебаний его поверхности под зондом.

Для изучения релаксации заряда индуцированного постоянным полем, поверхность образца поляризовывалась с помощью зонда на небольшом участке (4x4 мкм) полем 10В. С использованием методики ПСМ исследовалось поведение заполяризованного участка поверхности с промежуток времени 4 минуты.

В результате эксперимента получена кривая зависимости релаксации заряда от времени. Произведен расчет времени релаксации поляризованного заряда.

Исследования методом ПСМ позволяют изучить релаксационные свойства полимерных пленок ПДФ. Данные могут использоваться при объяснении ряда электрофизических свойств, происходящих в тонких пленках полимера и его сополимерах.

Литература

1. А.Н. Лачинов, Н.В. Воробьева. Электроника тонких слоев широкозонных полимеров // Успехи физических наук, 2006, т.176, №12, с.1249-1266.

УДК 535.37

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ СУБМИКРОННЫХ  
ПЛЕНОК ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА В ПЕРЕМЕННОМ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Каримов И.Г.

Башкирский государственный педагогический университет им.М.Акмуллы,  
Уфа, Россия

В докладе представлены результаты исследования электрофизических свойств тонких субмикронных пленок полимера полидифениленфталида (ПДФ) в переменном электрическом поле. Экспериментальной была выбрана структура металл (Al) – полимер (ПДФ) – ИТО (смесь окислов индия и олова)[1]. Методом центрифугирования были получены тонкие пленки толщиной ~300 нм. Качество и толщина пленки оценивали методом атомно-силовой микроскопии (АСМ). Материал электродов был выбран так, чтобы обеспечить инжекцию двух типов носителей заряда: электронов из Al и дырок из ИТО.

В результате измерений были получены вольт-амперные характеристики (ВАХ), в которых отчетливо наблюдается участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением. Наличие такого участка позволило предположить, что уменьшение тока при увеличении напряжения является результатом рекомбинации электронов и дырок. В связи с этим, дополнительно было проведено исследование электролюминесценции, которая должна была бы быть при условии излучательной рекомбинации зарядов.

Были исследованы зависимости интенсивности электролюминесценции (ЭЛ) от частоты и амплитуды переменного напряжения.

В докладе обсуждаются механизмы транспорта носителей заряда в тонких пленках ПДФ в переменном электрическом поле и электролюминесценции.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (11-02-01445-а).*

Литература

1. Лачинов А.Н., Антипин В.А., Казаков В.П., Ковалев А.А., Салазкин С.Н., Мешкова С.Б. Теор. и экс. химия.2009.т-45 №1.с42-45

УДК 530.182

ОБМЕН ЭНЕРГИЕЙ МЕЖДУ ДИСКРЕТНЫМИ БРИЗЕРАМИ В  
КРИСТАЛЛЕ СО СТРУКТУРОЙ NaCl ПРИ НУЛЕВОЙ И КОНЕЧНЫХ  
ТЕМПЕРАТУРАХ

Кистанов А.А., Дмитриев С.В.

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа, Россия

В последнее время в различных областях физики возрос интерес к изучению дискретных бризеров (ДБ) - локализованных в пространстве колебательных мод большой амплитуды в бездефектной решетке. Существование ДБ обеспечивается ангармонизмом межатомных сил, приводящим к зависимости частоты колебаний атомов от амплитуды. Для мягкого типа нелинейности частота моды уменьшается с ростом амплитуды, а для жесткого – увеличивается. При мягком типе нелинейности частота моды, уменьшаясь с ростом амплитуды, может входить в щель фононного спектра, если таковая имеется, а при жестком типе нелинейности она, увеличиваясь, может оказаться выше фононного спектра. И в том и в другом случае колебательная мода (т.е. ДБ) при нулевой температуре перестает излучать энергию в виде малоамплитудных колебаний и теоретически может существовать вечно[1]. При конечных температурах в состоянии теплового равновесия ДБ имеют конечное время жизни, возникая и исчезая спонтанно[2].

Вопрос о подвижности ДБ в кристаллической решетке изучался теоретически для задач низкой размерности и для случаев простейших потенциалов взаимодействия частиц. В данной работе методом компьютерного моделирования показано, что в кристалле со структурой NaCl два ДБ поляризации (101), расположенных на соседних легких атомах, могут обмениваться энергиями как два слабо связанных ангармонических осциллятора, что приводит к движению ДБ по кристаллической решетке вдоль направления (101). Более того, показана возможность спонтанного возбуждения ДБ при ненулевой температуре и возможность движения ДБ по кристаллу при конечных температурах.

Литература

1. A.J. Sievers, S. Takeno, Phys. Rev. Lett. **61**, 970 (1988).
2. А. А. Кистанов, С.В. Дмитриев, ФТТ, **54**, 1345 (2012).

УДК 538.971

ДВУХКАНАЛЬНАЯ ДИФФУЗИЯ ФУЛЛЕРЕНОВ НА ПОВЕРХНОСТИ  
Si(111)-h- $\sqrt{3}\sqrt{3}$ -In

Матецкий А.В., Бондаренко Л.В., Грузнев Д.В., Зотов А.В., Саранин А.А.  
ИАПУ ДВО РАН, Владивосток, Россия

Процессы зарождения и роста молекулярных структур вызывают значительный интерес с точки зрения развития технологии молекулярной электроники. Молекулы фуллеренов, в свою очередь, выглядят перспективными кандидатами в качестве строительного блока для создания наноструктур на поверхности твердого тела. Это связано с высокой стабильностью, степенью симметрии, способности к самоорганизации данных молекул, а также богатым набором электронных свойств, которые могут варьироваться путем легирования данных молекул. Модификация поверхности кремния при помощи создания реконструкций позволяет в широком диапазоне менять свойства поверхности и тем самым менять характер её взаимодействия с адсорбируемыми молекулами [1].

В работе исследованы особенности диффузионных процессов на поверхности Si(111)-h- $\sqrt{3}\sqrt{3}$ -In. На графике Аррениуса зависимости плотности островков от обратной температуры был обнаружен изгиб, который обычно свидетельствует об изменении размера критического зародыша [2]. Однако, исследования зависимости концентрации островков от скорости напыления [3] показали, что размер критического зародыша не меняется в области исследуемых температур.

Мы объяснили наблюдаемую особенность на графике Аррениуса открытием второго канала диффузии при температуре выше 150 К. Ниже данной температуры фуллерены диффундируют по лабиринту образованному замерзшим адатомным газом индия[4], а выше данной температуры фуллерены могут также перепрыгивать через стенки данного лабиринта.

#### Литература

1. Sadowski J.T. *et. al.* Surface Science, **601**, L136, (2007).
2. Muller B. *et. al.* Phys. Rev. B, **54**, 17858, (1996).
3. H. Brune *et al.* Phys. Rev. B, **60**, 5991, (1999).
4. Gruznev D.V. *et.al.* Phys. Rev. B, **73**, 115335, (2006).



УДК 538.91

## ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ В СТРУКТУРЕ ТИПА «СЭНДВИЧ»

Миниахметов А.А., Пономарев А.Ф.  
БирГСПА, Бирск, Россия

Генерация аномально высокой чувствительности электропроводности к внешним воздействиям производится различными методами. Особый интерес вызывает изменение проводимости, обусловленное фазовыми переходами в контактах, соприкасающихся с полимером [1]. Целью данной работы явилось исследование явления фазового превращения в проводнике, включенной в цепь тонкой полимерной пленки и дистанционно удаленном от нее.

В качестве объекта исследования использовался 10% раствор полимера полидифениленфталид (ПДФ) толщиной 1 мкм. Экспериментальный образец представлял собой структуру типа «сэндвич», в которой в качестве верхнего электрода использовался легкоплавкий металл индий. Расстояние от точки подключения проводника к полимеру до индия могла изменяться в широких пределах (1,5–3,5 см). Температурный предел нагревания индия составлял 20–200°C. Идея эксперимента, методика проведения подробно описаны в ранних исследованиях [1].

Установлено, что полимерная пленка переходит в высокопроводящее состояние (ВПС) при фазовом переходе (плавлении) материала верхнего электрода (индий). Пленка переходит в ВПС даже тогда, когда металл находится на значительном расстоянии. Очевиден тот факт, что с увеличением расстояния от полимера до области фазового перехода, точка перехода в ВПС смещается. Если продолжить процесс увеличения расстояния, то в ВПС образец переходит не только в точке фазового перехода, но и при более низких температурах [2].

Известно, что фазовый переход сопровождается структурными превращениями в веществах, из которых плавление является только частным случаем. Поэтому, данные факты требуют дальнейших исследований и научных объяснений.

### Литература

1. А.А. Миниахметов, П.П. Чернов, А.Ф. Пономарев. Дистанционное электронное переключение в системе металл-полимер-металл, индуцированное фазовым переходом. Бирск, 2011. С.160-165.
2. А.А. Миниахметов, П.П. Чернов, А.Ф. Пономарев. Исследование явления переключения в системе «сэндвич», обусловленное граничными условиями. Бирск, 2011. С.204-208.

УДК 53.097

## ПРИМЕНЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК НАНОСТРУКТУРНЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В МЕТАЛЛАХ

Набиуллин И.Р.

ФГБУН Институт физики молекул и кристаллов УНЦ РАН, г.Уфа, Россия

В работах [1,2] на полимерах из класса поли(ариленфталид)ов было реализовано электронное переключение в высокопроводящее состояние в результате изменения граничных условий на интерфейсе металл/полимер. Изменение граничных условий на интерфейсе создавали путем инициации фазового перехода или структурного превращения в контактирующем с полимерной пленкой металле. Одно из объяснений заключалось в том, что на интерфейсе металл/полимер возникает потенциальный туннельно прозрачный барьер. Вероятность туннелирования электронов из металла экспоненциально зависит от разности энергий положения уровня Ферми исследуемого металла и транспортного уровня полимера с противоположной стороны барьера. В области структурных превращений образца происходит смещение уровня Ферми и, соответственно, экспоненциальное изменение тока, протекающего через структуру. Однако поведение этого барьера вблизи температур, при которых наблюдается изменение проводимости в структуре металл/полимер/металл до сих пор не проводилось. В связи с этим, целью настоящей работы явилось исследование изменения параметров потенциального барьера на границе металл/полимер в области температур фазового превращения 1-го рода в металлах.

В работе показана возможность регистрации фазовых переходов 1-го рода с помощью тонких пленок наноструктурного электроактивного полимера. Анализ зависимости поведения ВАХ структуры In/полимер/V показал, что при плавлении металла происходит изменение положения уровня Ферми, которое приводит к изменению параметров потенциального барьера на контакте металл/полимер. Данный факт подтверждает модель изменения проводимости в структуре металл – полимер – металл при фазовых превращениях, которая заключается в изменении условий инжекции носителей заряда в результате изменения уровня Ферми в металле относительно узкой зоны проводимости в полимере.

### Литература

- [1.] В.М. Корнилов, А.Н. Лачинов. Письма ЖЭТФ **61**, 504 (1995)
- [2.] А.Н. Лачинов, Т.Г. Загуренко, В.М. Корнилов и др. ФТТ **42**, 1882 (2000)

УДК 537.9

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ПЛЕНКАХ  
ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА

Накаряков А.С., Лачинов А.Н.

Башкирский государственный педагогический университет им. М.Акмуллы,  
Уфа, Россия

Электронные состояния, локализованные в запрещенной зоне широкозонных диэлектриков, играют важную и часто определяющую роль в транспортных свойствах этих материалов. Пленки полидифениленфталида (ширина запрещенной зоны 4,2 эВ) обладают рядом интересных электрофизических свойств такими, как переключение в высокопроводящее состояние электрическим полем, давлением, температурой [1], электролюминесценция [2]. В связи с этим, исследование ловушечных состояний является принципиальным. Среди методов исследования ловушечных состояний особое место занимают термостимулированные методы, такие как метод термостимулированных токов (ТСТ), термостимулированной деполяризации (ТСД) и термостимулированной люминесценции (ТСЛ). Применение же данных методов для изучения тонких пленок органических материалов позволяет установить механизмы релаксации молекул. Преимущество метода ТСЛ заключается в относительной простоте эксперимента и высокой чувствительности метода к состояниям малой концентрации.

В данной работе представлены результаты исследования пленок полидифениленфталида методом ТСЛ. Обнаружено влияние растворителя, из раствора в котором были изготовлены пленки, скорости нагрева, окружающей атмосферы.

Литература

1. А.Н. Лачинов, Н.В. Воробьева. УФН **176**, 1249 (2006).
2. В.А. Антипин, А.Н. Лачинов, В.П. Казаков, А.А. Ковалев, С.Н. Салазкин, С.Б. Мешкова. Теоретическая и экспериментальная химия **45**, 42 (2009).

УДК 535.6+535(075.8)

## ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОННОЙ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ ПРЯМОГО КРАСНОГО КРАСИТЕЛЯ В ВОДНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СРЕДЕ МЕТОДОМ КВАНТОВОЙ ХИМИИ И ЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Паймурзина Н.Х. Доломатова М.М., Еремина С.А.

Уфимская государственная академия экономики и сервиса, Уфа, Россия

Органические красители находят широкое применение в молекулярной электронике в качестве органических полупроводников органических светодиодов и активных оптических сред жидкофазных лазеров. Поэтому исследование электронной структуры красителей является актуальной задачей молекулярной электроники.

Целью работы является исследование характеристик электронной структуры: потенциала ионизации (ПИ) и сродства к электрону (СЭ) красителя Прямого красного светопрочного марки 2С. В качестве методов исследования использован метод электронной феноменологической спектроскопии (ЭФС) [1] и метод квантовой химии РМ3. Методом ЭФС установлено, что средняя энергия ионизации молекул красителя в водной оптической среде составляет 7,0 эВ, а СЭ 2,54 эВ, а ПИ анионов 6,0 эВ. Кванто-химическим расчетом молекулы красителя (см. рис.) были получены значения ПИ и СЭ 7,72 эВ и 0,52 эВ соответственно, что согласуется с полученными ранее данными.

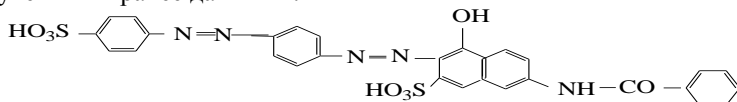


Рисунок – Структурная формула Прямого красного красителя 2С

Таким образом, результаты кванто-химических расчетов согласуются с данными ЭФС. Расхождение квантовых и спектроскопических оценок ПИ и СЭ, по-видимому, обусловлено ионизацией молекул красителя в водной оптической среде.

### Литература

1. Доломатов М.Ю., Мукаева Г.Р. Журнал Прикладной спектроскопии. **56 (4)**, 570-574 (1992)
2. Dolomatov, M. Yu., Shulyakovskaya, D.O., Mukaeva, G. R, Jarmuhametova, G.U., Latypov, K.F. Journal of Materials Science and Engineering B. **2 (4)**, 261-268 (2012)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТА НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА ЧЕРЕЗ  
ГРАНИЦУ МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕР КЛАССА ПОЛИАРИЛЕНФТАЛИДОВРахмеев Р.Г.<sup>1</sup>, Юсупов А.Р.<sup>2</sup>, Лачинов А.Н.<sup>1</sup>,  
Калимуллина Л.Р.<sup>2</sup>, Накаряков А.С.<sup>2</sup><sup>1</sup>Институт физики молекул и кристаллов УНЦ РАН, Уфа  
<sup>2</sup>БГПУ им М.Акмиллы, Уфа

В ряде работ отмечалось, что на границе раздела металл/полимер (полимер из класса полиарилефталидов (ПАФ)) величина потенциального барьера не может быть объяснена в рамках классического представления о формировании барьера между диэлектриком и металлом, величина которого должна определяться как разность энергий работы выхода металла и электронного сродства диэлектрика [1]. В частности, экспериментально [2] было установлено, что величина потенциального барьера на границе металл/полидифенилефталид (ПДФ) составляет  $\sim 0.3$  эВ, а не 2 эВ, как можно было бы ожидать для полимеров с шириной запрещенной зоны более 4 эВ.

В настоящем исследовании, с привлечением электрофизических и оптических методов, а также квантово-химического моделирования, изучены механизмы формирования потенциальных барьеров на границе раздела металл/ ПАФ при вариации эффективной работы выхода металла и электронной структуры полимера

Установлено, что величина потенциального барьера зависит от величины работы выхода материала электрода, а именно определяется как разность энергий уровней Ферми металла электрода и полимера. В тоже время, изменение скелетной части полимерной молекулы приводит к существенному изменению величины потенциального барьера.

## Литература

- [1] Musa I., Eccleston W. *This solid films* **343** 469 (1999)  
[2] Р.Б.Салихов, А.Н.Лачинов, Р.Г. Рахмеев *ФТП* **41** 1182 (2007)

УДК 538.9

## ЭФФЕКТ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ПРОВОДИМОСТИ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА

Чернов П.П., Пономарев А.Ф.

Бирский филиал Башкирский государственный университета, Бирск, Россия

В последнее время внимание исследователей сконцентрировано на создании различных электронных устройств с использованием полимерных пленок. Это связано с открытием в субмикронных пленках электроактивных полимеров проводимости металлического типа. Полимерные пленки особенно привлекательны из-за их относительно дешевой технологии получения.

В работе [1] было отмечено, что в тонких пленках со-ПАЭК возможно проявление линейной зависимости проводимости полимера от изменения температуры удаленного металлического контакта.

В данной работе экспериментально исследовалось влияние изменения температуры удаленного индиевого контакта на электропроводность пленки полидифениленфталида. Особенность данного измерения состоит в том, что полимерная пленка находится при постоянной температуре, а нагревается только индиевый электрод. При повышении температуры плавящегося индиевого электрода, наблюдается увеличение протекающего через полимер тока по линейному закону. При охлаждении – проводимость полимера падает также линейно, что указывает на обратимость эффекта.

Таким образом, в установившемся электрическом контакте, если начать изменять положение уровня Ферми металла, то свойства такого контакта также будут меняться. Причиной является эффект перетекания заряда с одного контактирующего материала на другой до тех пор, пока их уровни не выровняются.

На основе данного эффекта возможно создание полимерного датчика измерения температуры, который будет устойчивым к агрессивным средам, ввиду того, что нет прямого контакта полимера с измеряемой средой.

### Литература

1. Минахметов А.А., Чернов П.П., Пономарев А.Ф. Исследование изменения проводимости в системе «сэндвич», обусловленное граничными условиями // Обратные задачи химии. Сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции. Бирск: БирГСПА, 2011г. С.184-186.

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ НЕФТЯНЫХ  
АСФАЛЬТЕНОВ ПО КОРРЕЛЯЦИЯМ СПЕКТР-СВОЙСТВА  
Шуляковская Д.О., Дезорцев С.В., Шуткова С.А., Петров А.В.  
Уфимская государственная академия экономики и сервиса, Уфа,  
Россия

В ранее проведенных работах было показано, что нефтяные асфальтены могут быть использованы в качестве объектов наноэлектроники [1]. Поэтому определение электронной структуры данных объектов является актуальной задачей.

В качестве метода исследования использована электронная феноменологическая спектроскопия (ЭФС) [2]. Асфальтены выделялись из гудрона Западно-сибирской нефти способом Гольде. Исследовались растворы асфальтенов с концентрацией порядка 0,011-0,012 г/л.

Методом ЭФС по электронным спектрам поглощения (см. рис.1) установлено, что для изученных образцов энергия ионизации находится в диапазоне 5,78-5,84 эВ, а сродство к электрону 1,66-1,70 эВ, что подтверждается квантовыми расчетами [3].

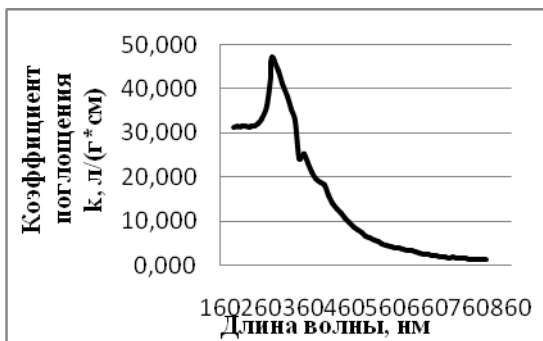


Рис. 1- Пример электронного спектра поглощения асфальтенов, выделенных из гудрона Западно-сибирской нефти

Таким образом демпированные нефтяные асфальтены могут быть использованы в качестве объектов молекулярной электроники.

### Литература

1. Dolomatov M.Yu. ELEC'MOL'08, Grenoble, France, 150 (2008).
2. Dolomatov M.Yu., Shulyakovskaya D.O., Mukaeva G.R., Paymurzina N.Kh. -Applied Physics Research. **3**, 83-87 (2012).
3. M.Yu. Dolomatov, S.V. Dezortsev, S.A. Shutkova. Journal of Materials Science and Engineering. **2**, 151-157 (2012).

УДК 541.1.

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ И  
ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ НЕФТЯНЫХ АСФАЛЬТЕНОВ

Шуткова С.А., Дезорцев С.В., Шуляковская Д.О.

Уфимская государственная академия экономики и сервиса, г. Уфа, Россия

Неэмпирическим методом RHF/3-21G\*\* с полной оптимизацией геометрии рассчитаны электронные характеристики нефтяных асфальтенов. В качестве молекулярных фрагментов асфальтенов использованы гетероатомные структуры с различным соотношением ароматических и нафтеновых колец [1]. Молекулярные массы структур находятся в интервале от 731 до 784 а.е.м., отношение C/H=8,45-9,28.

Рассчитанные на основе теоремы Купманса адиабатические первые потенциалы ионизации молекулярных наночастиц асфальтенов находятся в интервале от 6,36 до 6,99 эВ, сродства к электрону - в диапазоне от 0,73 до 1,10 эВ. Расчеты показывают, что свободнорадикальные фрагменты асфальтенов принимают значения ПИ в диапазоне от 4,94 до 5,36 эВ, значения СЭ - в диапазоне от 2,12 до 2,28 эВ. Результаты расчетов подтверждаются данными электронной феноменологической спектроскопии. По экспериментальным оценкам значения ПИ находятся в диапазоне от 4,7 до 6,9 эВ; СЭ - в диапазоне от 1,2 до 4,5 эВ.

фрагменты наночастиц нефтяных асфальтенов являются диэлектриками, а свободнорадикальные фрагменты - широкополосными органическими полупроводниками p-типа.

Для исследования химической структуры молекулярных фрагментов нефтяных асфальтенов использовался метод молекулярной механики. Установлено [2], что молекулярные фрагменты имеют вогнутую форму, похожую на чашу (структура - "чаша"). Измерено значение двугранного угла  $\alpha$  между виртуальными плоскостями ароматических и нафтеновых колец находятся в интервале 154° - 164°.

#### Литература

1. С.А. Шуткова, М.Ю. Доломатов, С.В. Дезорцев. Журнал структурной химии. **53(3)**, 569-573 (2012).
2. Dolomatov M.Yu., Dezortsev S.V., Shutkova S.A. Journal of Materials, Science and Engineering. **2**, 151-157 (2012).



УДК 54.03

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ПОДВИЖНОСТЬ НОСИТЕЛЕЙ  
ЗАРЯДА В ПЛЕНКАХ ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА

Юсупов А.Р.<sup>1</sup>, Тамеев А.Р.<sup>2</sup>, Лачинов А.Н.<sup>1</sup>, Ванников А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Башкирский государственный педагогический университет им.М.Акмуллы,  
физико-математический факультет

<sup>2</sup>Институт физической химии и электрохимии им.А.Н.Фрумкина РАН

За последние десятилетия было представлено много работ, посвященных экспериментальному и теоретическому исследованию уникальных электронных свойств широкозонных полимеров [1]. В частности, тонкие пленки класса полиариленфталидов при определенных условиях способны проявлять высокую электропроводность, сравнимую с металлической. При этом подавляющее большинство экспериментов было выполнено в обычных условиях на воздухе. Присутствие молекул кислорода и воды может сильно влиять на электронные свойства полимеров.

Поэтому целью данной работы явилось исследование влияния атмосферы на транспорт носителей заряда в пленках полидифениленфталидов (ПДФ).

Были изготовлены образцы двух типов: ИТО/Al/ПДФ/Ca/Al для исследования влияния атмосферы на транспорт электронов (образцы «п-типа»); ИТО/PEDOT/ПДФ/TPD/Al для исследования влияния атмосферы на транспорт дырок (образцы «р-типа»).

Измерения проводились в инертной атмосфере и на воздухе. Было обнаружено, что на транспорт дырок и электронов существенное влияние оказывает среда, в которой находится образец. Так в чистых условиях перчаточного бокса с инертной атмосферой, значение подвижности дырок превышает значение полученное на воздухе.

В докладе обсуждаются полученные результаты и механизмы позволяющие интерпретировать влияние атмосферы на электронный и дырочный транспорт в пленке ПДФ.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-03-90713-моб\_ст).*

Литература

1 А.Н. Лачинов, Н.В.Воробьева. УФН 176(12), 1249 (2006).

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ  
И ТЕОРИЯ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХАОСА

Аникин В.М.

Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского  
410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83

Модели хаотической динамики уже достаточно широко применяются при решении разнообразных физических задач, в том числе и задач нанoeлектроники. При изучении как стохастических («истинно» случайных), так и хаотических процессов принципиальную (иногда даже говорят, «критическую») роль играет анализ корреляционных функций процесса (энергетических спектров Винера-Хинчина), оценка скорости убывания или «расцепления» корреляций, оценка динамики релаксационных процессов, установления равновесного состояния. Применение методов функционального анализа к исследованию дискретных динамических систем, демонстрирующих хаотическое поведение, позволяет точно решать задачи, связанные с установлением особенностей асимптотического поведения таких систем.

Основным инструментом анализа хаотических систем методами функционального анализа выступает ассоциированный с системами линейный несамосопряженный оператор Перрона-Фробениуса (ОПФ), позволяющий свести нелинейную задачу к изучению линейного оператора в функциональном пространстве. Основная задача исследования оператора – задача определения его собственных функций и собственных чисел. Эта задача для кусочно-линейных отображений успешно решается методом, основанным на введении и факторизации производящей функции для собственных функций ОПФ и методе степенных рядов, что в комплексе позволяет найти собственные функции либо в явном виде, либо через рекуррентные соотношения для коэффициентов полиномов, определяющих структуру собственных функций.

От вида отображения зависит вид ОПФ. Это ведет и к вариабельности решения спектральных задач и задачи определения нуль-пространства ОПФ: возможно появление знакопеременных, «нулевых» и кратных собственных чисел.

Прогресс же в аналитических расчетах корреляционных функций, характеризующих процессы эволюции в дискретных динамических системах, связан с представлением операнда ОПФ в виде алгебраического выражения, содержащего линейные комбинации собственных функций оператора. Характер убывания корреляционных функций (по показательному закону, осциллирующий, дельта-коррелированный и т.п.) определяется видом отображения и значениями *собственных чисел*

*оператора*, отвечающих собственным функциям, участвующим в представлении операнда для ОПФ.

Расчет собственных чисел для ОПФ различных отображений свидетельствует о том, что при обсуждении автокорреляционных свойств хаотических динамических систем корректнее говорить о зависимости скорости расщепления корреляций не от значения показателя Ляпунова, а от значений собственных чисел оператора. Это ведет не к экспоненциальному спаду корреляций, а к спаду, описываемому более сложным законом. Так, аналитическое выражение для автокорреляционной функции отображения Реньи (отображение играет важную роль в теории динамических систем и связано с представлением числа в системе счисления с основанием, равным иррациональному числу Фидия, обратному золотому сечению): выражения для автокорреляционной функции отображения Реньи содержит зависимость от двух собственных чисел и функций ОПФ. Не менее яркий пример являет первая динамическая система теории чисел, рассмотренная впервые еще К. Гауссом и определяющая разложение дробного числа в непрерывную дробь: скорость спада корреляций в такой системе определяется абсолютной величиной второго собственного числа ОПФ.

Необходимо отметить, что постановка задачи на собственные функции и собственные значения для ОПФ немедленно требует определения линейного функционального пространства, которому принадлежат собственные функции оператора, т.е. оператор необходимо рассматривать на некотором нормированном функциональном пространстве (банаховом пространстве), где норма определена посредством скалярного произведения функций (гильбертово пространство). Это позволяет, в частности, строить и исследовать пределы для метрических выражений. С одной стороны, сами по себе вероятностные плотности не могут образовать линейное пространство (функция, образованная произвольной линейной комбинация плотностей, не является плотностью), а с другой стороны, собственные функции ОПФ высших порядков вообще не являются вероятностными плотностями! От них лишь требуется удовлетворение операторному уравнению, определяющему собственные функции и собственные числа. Замечательным свойством собственных функций ОПФ является их ортогональность константе, что имеет важное теоретическое и практическое значение, поскольку дает критерий правильности расчетов собственных функций ОПФ, проводимых и аналитическими, и численными методами.

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ:  
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Аникин В.М.

Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского  
410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83

***Человеку потребно суть науки стяжати  
и разума искати.***

*Л. Ф. Магницкий,*

автор учебника арифметики,  
по которому учился М. В. Ломоносов

***Наука необходима народу.***

***Страна, которая ее не развивает,  
неизбежно превращается в колонию.***

*Фредерик Жюлио-Кюри*

Защита диссертации соискателем знаменует акт его инициации как признанного исследователя. Мнение о работе определяется не только уровнем полученного нового знания, но и качеством его представления в диссертационной работе и сопутствующего ей автореферата, что может соотноситься с оценкой общей культуры соискателя. Поскольку автореферат является наиболее читаемым научным произведением в силу его доступности в сети Интернет, работа над текстом автореферата требует особой тщательности.

Первым общепринятым этапом в презентации диссертации, отражаемой в автореферате, является ее аспектная характеристика, которая дает представление о работе с различных позиций и формирует у читателей диссертации и особенно автореферата представление о качестве исследования в целом. Данная характеристика определяется такими рубриками, как актуальность, объект, метод и предмет исследования, научные утверждения (положения) как предмет защиты, доказательные моменты истинности полученных положений и результатов, их научной и прикладной значимости, апробированности и т.п. Поаспектная характеристика должна отличаться необходимой информативностью, достигаемой как насыщенностью содержания, так и логически обоснованным порядком следования рубрик и соответствием каждой из них соответствующему жанру. Корректно и грамотно (в грамматическом и профессиональном отношении) составленная поаспектная характеристика работы обосновывает своевременность проведенного научного исследования, его теоретическую и (или) экспериментальную

основательность, методологическую ценность, полезность для практических приложений.

Общая структура поаспектной характеристики диссертации, обосновываемая в [1], состоит из следующих этапов:

**1. Формулировка и актуализация научной проблемы** (изучение состояния вопроса, актуализация объекта исследования, формулировка целей и задач исследования, выбор и обоснование метода исследования, определение предмета исследования).

**2. Формулировка достижений соискателя** – положений и результатов, выносимых на защиту.

**3. Верификация положений и результатов диссертации** (обоснование достоверности, научного приоритета, теоретической и прикладной значимости выдвинутых на защиту положений и результатов).

Кратко обратим внимание на некоторые особенности отдельных составляющих аспектной характеристики диссертации.

Каждый раздел аспектной характеристики диссертации должен быть написан в стиле научного текста, главными признаками которого являются объективность, строгость и аргументированность суждений, логическая стройность, смысловая точность и законченность, целостность и связность. При формулировке необходимо исключать бытовую лексику (например, прилагательное «хорошее» при оценке совпадения теоретических и экспериментальных данных не является информативным). Неконкретные выражения, до какой-то степени пригодные при рассмотрении параметров, не поддающихся прямой количественной оценке, в работах представителей точных наук должны быть заменены строгими или приближенными количественными оценками. Так, при сравнительной характеристике результатов бессодержательно говорить, например, просто о «слабом воздействии (возмущении)», «малом шаге численного интегрирования», «незначительном отклонении данных эксперимента от результатов, предсказываемых теорией», «умеренных уровнях шума» и т.п.

Наибольшую сложность для соискателей «всех уровней» представляет формулировка положений (научных утверждений), выносимых на защиту. Мы полагаем, что эти положения целесообразно формулировать в виде логических предикатов двух типов. Наиболее распространенной формой представления защищаемого положения является утверждение типа «если *A*, то *B*», раскрывающее причинно-следственные связи, открытые закономерности, сущности. Если же диссертант открыл объект, ввёл методы исследования и средства описания явления, обоснованно приобретающие статус его научного достижения и требующие фиксации в виде защищаемого положения, то эти новации целесообразно заявить не в форме утверждения типа «если *A*, то *B*», а в виде *логической тавтологии*. В математической логике она есть тождественно истинное утверждение, т.е.

тождественно истинная формула, пусть даже не содержащая предметных переменных.

Весьма распространенной ошибкой диссертантов является провозглашение в качестве цели работы некоторого «исследования» и даже вынесение слова «исследование» в заголовок диссертации. Во-первых, исследование есть отнюдь не цель, а только *средство, способ* достижения цели, а во-вторых, при переводе с латыни *dissertatio* и есть «исследование»!

При представлении диссертации к автору (и составителям различных отзывов) выдвигается жесткое требование по подтверждению новизны и истинности полученных результатов и сделанных на их основе научных утверждений и выводов. Компоненты новизны обязательно отражаются и в заключении диссертационного совета по итогам защиты диссертации. Рубрика «Достоверность результатов, положений и выводов диссертации» призвана явным образом продемонстрировать, что соискатель ученой степени воспользовался необходимым теоретико-экспериментальным инструментарием, гарантирующим истинность добытого им нового знания. Каждой работе должен быть присущ индивидуальный (и неповторимый!) спектр доказательств корректности положений и результатов, полученных в рамках примененных методов исследования [2].

В заключение еще раз подчеркнем, что все аспектные характеристики диссертации имеют большую информационную значимость и должны содержать аргументацию – набор фактов и доводов в защиту научной работы данного жанра. Каждая из аспектных рубрик включает соответствующую часть информации и аргументации.

## Литература

1. *Аникин В.М., Усанов Д.А.* Диссертация в зеркале автореферата. Рекомендовано Департаментом научных и научно-педагогических кадров Министерством образования и науки Российской Федерации в качестве методического пособия для аспирантов и соискателей ученой степени естественно-научных специальностей. 2-е изд., доп. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2011. 104 с.
2. *Аникин В.М., Поизнер Б.Н.* Как диссертанту аргументировать достоверность научных положений и результатов, выносимых на защиту // Изв. вузов. Физика. 2011. № 6. С. 105-108.

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТОК И СОЗДАНИЯ ПРИБОРОВ НАНО- И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ»

- Агафонова Л.Е., Супрун Е.В., Шумянцева В.В., Арчаков А.И.** 3  
НАНОГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ДЕТЕКЦИИ БЕЛКОВ-КАРДИОМАРКЕРОВ С ПОМОЩЬЮ ПЬЕЗОКВАРЦЕВЫХ ИММУНОСЕНСОРОВ
- Байкин С.А.** 4  
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ГРАФЕНОВ
- Беленкова Т.Е.** 5  
ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ СЛОЕВ ГРАФАНА
- Гумеров А.М., Кудрявцев Р.В., Богомазова О.Б.** 6  
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В МАГНЕТИКАХ С МОДУЛЯЦИЕЙ МАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ
- Закирьянов Ф.К., Фахретдинов М.И.** 7  
УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ КИНКА МОДИФИЦИРОВАННОГО УРАВНЕНИЯ SIN-ГОРДОНА С ПОМОЩЬЮ ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
- Зимовец И.А., Мишкин В.П., Филатов Д.О.** 8  
ГЛУБОКИЕ УРОВНИ И МЕХАНИЗМ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЯХ Si:Er, ВЫРАЩЕННЫХ МЕТОДОМ СУБЛИМАЦИОННОЙ МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВОЙ ЭПИТАКСИИ
- Искандаров А.М.** 9  
ПРОЧНОСТЬ ДЕФОРМИРОВАННОГО ГРАФЕНА В ШИРОКОМ ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР
- Каюмов И.Р.<sup>1</sup>, Шамсутдинов М.А.<sup>2</sup>, Харисов А.Т.<sup>2</sup>** 10  
АВТОРЕЗОНАНСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИКОЙ ДОМЕННЫХ СТенок В СЛАБЫХ ФЕРРОМАГНЕТИКАХ
- Глухова О.Е., Колесникова А.С.** 11  
ВЛИЯНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ЭМИССИОННЫЕ СВОЙСТВА БАМБУКОПОДОБНЫХ НАНОТРУБОК

- Любцов В.С.** 12  
ВЛИЯНИЕ КИСЛОРОДА НА ТРАНСПОРТ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА ВДОЛЬ  
ИНТЕРФЕЙСА ПОЛИМЕР/ПОЛИМЕР
- Мургазин Р.Р., Гайнанов И.М.** 13  
ДИНАМИКА ДОМЕННОЙ ГРАНИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ  
ИМПУЛЬСНОГО И ГРАДИЕНТНОГО МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В СЛАБЫХ  
ФЕРРОМАГНЕТИКАХ
- Соминский Г.Г., Сезонов В.Е., Тумарева Т.А., Тарадаев Е.П.** 14  
ПОЛЕВАЯ ЭМИССИЯ ИЗ КОНТАКТА МАТЕРИАЛОВ С РАЗНОЙ  
РАБОТОЙ ВЫХОДА
- Супрун Е.В., Шумянцева В.В., Арчаков А.И.** 15  
ПРЯМОЙ ЭЛЕКТРОАНАЛИЗ МИОГЛОБИНА: ВЫБОР ПЕЧАТНОГО  
ГРАФИТОВОГО ЭЛЕКТРОДА И МОДИФИКАТОРА ЕГО  
ПОВЕРХНОСТИ
- Тазиев Р.М.** 16  
ГЕНЕРАЦИЯ ПСЕВДОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ВЫПУКЛЫХ ЛИСТАХ  
ГРАФЕНА
- Тарасов Е.А., Бурцев А.А.** 17  
МНОГОЛУЧЕВЫЕ АВТОЭМИССИОННЫЕ КАТОДЫ НА ОСНОВЕ  
УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК
- Бойко С.И., Вахитов Р.М., Магадеев Е.Б.** 18  
СПЕКТР ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ ДОМЕННОЙ ГРАНИЦЫ В  
ФЕРРОМАГНЕТИКЕ
- Губайдуллин М.Н., Закирьянов Ф.К.** 19  
УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ КИНКА В МОДЕЛИ МОЛЕКУЛЫ ДНК С  
УЧЁТОМ ДИССИПАЦИИ
- Магадеев Е.Б., Вахитов Р.М.** 20  
СТАЦИОНАРНЫЕ СОСТОЯНИЯ НЕОДНОСВЯЗНОГО  
ФЕРРОМАГНИТНОГО ОБРАЗЦА
- Сайфуллин Р.М., Магадеев Е.Б.** 21  
СТРУКТУРА МАГНИТНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ОБЛАСТИ  
ДЕФЕКТА ОДНООСНОГО ФЕРРОМАГНЕТИКА



- Султанова Э.З., Вахитов Р.М.** 22  
ОДНОРОДНЫЕ МАГНИТНЫЕ СОСТОЯНИЯ ПЛАСТИНЫ (210)
- Цветанский А.С., Харисов А.Т.** 23  
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН  
НА НЕЛИНЕЙНЫЕ МАГНИТНЫЕ НЕОДНОРОДНОСТИ В  
АВТОРЕЗОНАНСНОМ РЕЖИМЕ КОЛЕБАНИЙ
- Вахитов Р.М., Ряхова А.Г.** 24  
СВОЙСТВА ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ РАЗЛИЧНОЙ ТОПОЛОГИИ В  
ПЛОТНЫЕ (Ш) В ПОПЕРЕЧНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ.
- СЕКЦИЯ «ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ И  
АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ В НАНО- И  
МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ»**
- Брагин А.В., Логунов М.В., Пьянзин Д.В., Трифонов А.А.** 25  
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НЕЧЕТКОГО  
КЛАССИФИКАТОРА ЛАБИРИНТНЫХ ДОМЕННЫХ СТРУКТУР
- Петров А.Б., Гоц С.С., Бахтизин Р.З.** 26  
ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УПРУГОСТИ  
ПОВЕРХНОСТИ ПО ДАННЫМ ПОЛУКОНТАКТНОГО РЕЖИМА АСМ
- Сапельников В.М.** 27  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЦИФРОАНАЛОГОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ –  
НОВАЯ ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ  
СИСТЕМ И МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ
- Спирин А.В., Герасимов М.В., Горин А.М., Атласов В., Логунов М.В.** 28  
МАГНИТООПТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ  
РЕГИСТРАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ДОМЕННЫХ СТРУКТУР
- Тарасов Е.А., Волков Ю.А.** 29  
ФИЛЬТРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ  
МИКРОСКОПИИ МЕТОДОМ НЕЛОКАЛЬНОГО СРЕДНЕГО
- Хубежов С.А., Тваури И.В., Кодзасова А.С, Туриев А.М., Цидаева Н.И.,  
Магкоев Т.Т.** 30  
УСТАНОВЛЕНИЕ МЕХАНИЗМА ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ  
СВЕРХСТРУКТУРЫ АДАТОМОВ В СИСТЕМАХ

ЭЛЕКТРОПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ АДСОРБАТ-ПОДЛОЖКА НА ОСНОВЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

**Мурзакаев А.М.** 31  
ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОМИКРОСКОПИЧЕСКИХ  
ИЗОБРАЖЕНИЙ С АТОМНЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

**Гоц С.С., Бахтизин Р.З., Журавлев Г.И.** 32  
ОЦЕНКА СВЯЗАННЫХ С ЭФФЕКТАМИ КВАНТОВАНИЯ  
ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ С ПОМОЩЬЮ  
АТОМНО-СИЛОВОГО МИКРОСКОПА

**СЕКЦИЯ «ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ:  
ЭЛЕКТРОННЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, МЕТОДЫ  
ФОРМИРОВАНИЯ»**

**Atuchin V.V.** 33  
CORE LEVEL PHOTOELECTRON SPECTROSCOPY OF COMPLEX  
THIOGALLATES AND Ga-S BONDING

**Atuchin V.V., Kruchinin V.N, Ramana C.V.** 34  
GROWTH BEHAVIOR, SURFACE STRUCTURE AND OPTICAL  
CONSTANTS OF NANOCRYSTALLINE YTTRIUM OXIDE THIN FILMS

**Atuchin V.V.** 35  
P-O CHEMICAL BONDING IN PHOSPHATES BY XPS

**Atuchin V.V., Gavrilova T.A., Grivel J.-C., Kesler V.G., Troitskaia I.B.** 36  
FERROELECTRIC TITANATE  $\text{Pr}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ : IR, RAMAN AND XPS  
SPECTROSCOPY

**Балашов А.С., Лопатюк А.В.** 37  
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИДЕАЛЬНОГО ПЛАНАРНОГО ОПТИЧЕСКОГО  
РАЗВЕТВИТЕЛЯ ГРЕБНЕВОЙ СТРУКТУРЫ

**Бельтюков А.Н.** 38  
ФОРМИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУР ГЕРМАНИЯ В МАТРИЦЕ  
ПОРИСТОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

**Бондаренко Л.В., Матецкий А.В., Грузнев Д.В., Зотов А.В.,  
Саранин А.А.** 39

ДВУМЕРНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ГАЗ НА ПОВЕРХНОСТИ  $\text{Si}(111)\sqrt{3}\sqrt{3}$ -  
(Au,Na)

**Гроссман В.Г., Базаров Б.Г., Атучин В.В., Базарова Ж.Г.,  
Молокеев М.С.** 40

ТВЕРДОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ И СТРУКТУРА  $\text{K}_{2(1-x)}\text{Rb}_{2x}\text{Al}_2\text{B}_2\text{O}_7$

**Гроссман В.Г., Базаров Б.Г., Атучин В.В., Базарова Ж.Г.,  
Молокеев М.С.** 41

СИНТЕЗ И СТРУКТУРА  $\text{Cs}_{1.39}\text{Tl}_{0.61}\text{Al}_2\text{B}_2\text{O}_7$

**Зиновьева А.Ф., Степина Н.П., Дерябин А.С., Двуреченский А.В.** 42  
ФОРМИРОВАНИЕ Si КВАНТОВЫХ ТОЧЕК НА Ge (100) и (111)

**Завьялов Д.В., Конченков В.И., Крючков С.В.** 43  
ВЫПРЯМЛЕНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО ТОКА В СВЕРХРЕШЕТКЕ НА  
ОСНОВЕ ГРАФЕНА

**Лопатюк А.В.** 44  
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАНАРНОГО  
ИНТЕГРАЛЬНО-ОПТИЧЕСКОГО РАЗВЕТВИТЕЛЯ

**Матюшкин Л.Б., Александрова О.А., Максимов А.И., Мараева Е.В.,  
Мошников В.А., Мусихин С.Ф., Тарасов С.А.** 45  
САМООРГАНИЗАЦИЯ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК СУЛЬФИДА СВИНЦА,  
ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИСПАРЕНИЯ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА

**Мунасипов А.З., Киреев Л. Ишембетов Р.Х.** 46  
ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО  
СУЛЬФИДА МЕДИ

**Нурахметов Т.Н., Кутербекон К.А., Кайнарбай А., Жунусбеков А.М.,  
Карипбаев Ж.Т.** 47  
ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕЗОПОРИСТОГО ОКСИДА КРЕМНИЯ  
АКТИВИРОВАННЫЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ИОНАМИ

**Иванов В.В., Лизунова А., Мурзакаев А.М., Тимошенкова О.Р.** 48  
МОРФОЛОГИЯ И СТРУКТУРА УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

**Прокудин С.В., Усеинов А.С., Кириченко А.В.** 49  
ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПРОЦЕССЕ  
НАНОИНДЕНТИРОВАНИЯ

- Лопатюк А.В., Рямова А.Д.** 50  
МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ СОЛИТОННОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ
- Слабука М.П., Горохов Е.Б.** 51  
МОДИФИКАЦИИ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СЛОЁВ  $\text{GeO}_2$  С КВАНТОВЫМИ ТОЧКАМИ ГЕРМАНИЯ ПРИ ОТЖИГАХ
- Суфиянова А.А., Курбангулов А.Р.** 52  
ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ В СОЕДИНЕНИЯХ  $\text{Cu}_x\text{Ag}_{1-x}\text{CrS}_2$
- Турмышев И.С., Тимошенкова О.Р., Мурзакаев А.М.** 53  
ТОНКАЯ СТРУКТУРА АВТОЭМИССИОННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ НА ОСТРЫХ ЭМИТТЕРАХ
- Усманов И., Ишембетов Р.Х.** 54  
ИОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО СЕЛЕНИДА МЕДИ
- Хамидуллин Р.А., Брусенская Е.И.** 55  
МАГНЕТОСОПРОТИВЛЕНИЕ АНИЗОТРОПНЫХ НАНОПРОВОЛОК
- Чимитова О.Д., Агучин В.В., Базаров Б.Г., Молокеев М.С., Базарова Ж.Г.** 56  
ТВЕРДОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ ДВОЙНОГО РУБИДИЙ-ЕВРОПИЕВОГО МОЛИБДАТА
- Шагивалеев С.С., Салимов И.М., Шаяхметов Р.У.** 57  
НАНЕСЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПОДЛОЖКИ
- СЕКЦИЯ «СКАНИРУЮЩАЯ ЗОНДОВАЯ МИКРОСКОПИЯ: ИЗМЕРЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ АТОМАРНОГО И НАНОМЕТРОВОГО МАСШТАБА»**
- Гатин А.К., Кирсанкин А.А., Харитонов В.А., Дохликова Н.В., Гришин М.В.** 58  
НАПРАВЛЕННАЯ МИГРАЦИЯ ИОНОВ КАК СРЕДСТВО УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ТИТАНА

- Дедкова Е.Г., Батурич А.С., Надточено В.А.** 59  
ВЛИЯНИЕ УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ НА АДГЕЗИОННО-КАПИЛЛЯРНОЕ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЗОНДА АТОМНО-СИЛОВОГО МИКРОСКОПА С  
ИММУНОГЛОБУЛИНОМ G
- Дохликowa Н.В., Гришин М. В., Трахтенберг Л.И., Шуб Б.Р.** 60  
АДСОРБЦИЯ НА НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ПЛЕНКЕ  $\text{SnO}_2$
- Иванов В.Г., Данилова В.С.** 61  
ВЛИЯНИЕ АДСОРБИРОВАННОГО КИСЛОРОДА НА ОБЪЕМНЫЕ И  
ПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ P-ТИПА  
АВТОЭМИССИОННЫХ КАТОДОВ
- Казаринов С.В.** 62  
ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК МЕТАЛЛОВ НА ПОВЕРХНОСТИ  
МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ (111)  
МЕТОДОМ ЗОНДА КЕЛЬВИНА
- Казаринов С.В., Бахтизин Р.З., Амиров И.И., Морозов О.В., Соловьев  
А.В., Тарасов А.** 63  
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА ПОВЕРХНОСТИ  
ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА МИКРОГИРОСКОПА МЕТОДОМ  
ЗОНДА КЕЛЬВИНА
- Кирсанкин А.А., Гатин А.К., Гришин М.В., Шуб Б.Р.** 64  
АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА, НИКЕЛЯ И  
ПЛАТИНЫ
- Корзникова Е.А.** 65  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ  
АНАЛИЗА ДЕФОРМАЦИОННОГО РЕЛЬЕФА ЧИСТОГО НИКЕЛЯ
- Лебедев Д.В., Нургазизов Н.И., Чуکلанов А.П., Бухарасв А.А.** 66  
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ НАНОЧАСТИЦ  
КОБАЛЬТА НА ПОВЕРХНОСТИ ВЫСОКООРИЕНТИРОВАННОГО  
ПИРОЛИТИЧЕСКОГО ГРАФИТА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ И ОТЖИГЕ В  
СВЕРХВЫСОКОМ ВАКУУМЕ
- Мионов В.Л.** 67  
МАГНИТНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ ПАТТЕРНИРОВАННЫХ  
ФЕРРОМАГНИТНЫХ НАНОСТРУКТУР
- Селюков Р.В., Наумов В.В., Амиров И.И.** 68

СТМ-ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПЛЕНКИ ПЛАТИНЫ,  
ОБРАБОТАННОЙ В ПЛАЗМЕ ВЧ-ИНДУКЦИОННОГО РАЗРЯДА

**Уматова З.Т., Жумажанова А.Т.** **69**

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЦЕНТРЫ ОКРАСКИ И НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕ В  
КРИСТАЛЛАХ LiF ОБЛУЧЕННЫХ ИОНАМИ АРГОНА

**Фахриев В.Э., Пахомов А.С., Бахтизин Р.З.** **70**

КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ Si-ПОДЛОЖЕК В УСЛОВИЯХ  
СВЕРХВЫСОКОГО ВАКУУМА.

**Филатов Д.О.** **71**

СКАНИРУЮЩАЯ ТУННЕЛЬНАЯ АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ  
ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ НАНОСТРУКТУР

**Филатов Д. О., Антонов Д. А., Нежданов А. В., Машин А. И.** **72**

СКАНИРУЮЩАЯ ТУННЕЛЬНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ОСТРОВКОВ  
СИЛИЦЕНА НА ПОВЕРХНОСТИ ВЫСОКООРИЕНТИРОВАННОГО  
ПИРОЛИТИЧЕСКОГО ГРАФИТА

**Харисов Б.Р., Шуляковская Д.О., Шуткова С.А.** **73**

НАДМОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА НЕФТЯНЫХ АСФАЛЬТЕНОВ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ КИЕНГОП

**Харитонов В.А., Гришин, М.В., Слущкий В.Г., Шуб Б.Р.** **74**

ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ И СТРУКТУРА ЭНЕРГОЕМКИХ  
НАНОЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ БОРОВОДОРОДОВ

**Краснобородько С.Ю.** **75**

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ В  
СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ

**СЕКЦИЯ «МАГНИТНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ И ПРИБОРЫ  
СПИНТРОНИКИ»**

**Муртазаев А.К., Рамазанов М.К., Бадиев М.К.** **76**

КРИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФРУСТРИРОВАННОЙ  
АНТИФЕРРОМАГНИТНОЙ МОДЕЛИ ГЕЙЗЕНБЕРГА С УЧЕТОМ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ВТОРЫХ БЛИЖАЙШИХ СОСЕДЕЙ

**Баянова Ю.И., Воробьева Н.В.** **77**

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА НАКЛОН ВОЛЬТАМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУКТУРЫ (ВАХ) МЕДЬ-ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИД-МЕДЬ

**Вахитов И.Р., Дулов Е.Н., Тагиров Л.Р., Нуждин В.И., Хайбуллин Р.И.** 78  
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ИМПЛАНТАЦИИ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА НА МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИОКСИДА ТИТАНА

**Власов А. М., Сергеев А. С, Сечин Д. А.** 79  
УПРАВЛЕНИЕ МАГНИТНОЙ СТРУКТУРОЙ ДОМЕННОЙ ГРАНИЦЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

**Гареев И.Р.** 80  
ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЁТА МЕХАНИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПРОВОЛОКИ С ПОМОЩЬЮ СКАЧКОВ БАРКГАУЗЕНА

**Гераськин А.А., Кецко В. А.** 81  
СИНТЕЗ И СТРУКТУРА ПЛЕНОК  $Mg(Fe_{1-x}Ga_x)_2O_{4-\delta}$  НА КРЕМНИИ

**Гумаров А.И., Лядов Н.М., Дулов Е.Н., Валеев В.Ф., Dogan N. Рамеев Б.З., Маскова А., Hnatowicz V., Тагиров Л.Р., Хайбуллин Р.И.** 82  
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДЛОЖКИ НА СТРУКТУРНЫЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА  $ZnO$ , ИМПЛАНТИРОВАННОГО ИОНАМИ Fe ИЛИ Co

**Дезорцев С.В., Подъячева К.И.** 83  
О СВЯЗИ МЕЖДУ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТЬЮ Н-АЛКАНОВ И ИХ КРИТИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ПЕРВОГО РОДА ЖИДКОСТЬ - ГАЗ

**А.Е. Екомасов, А.В. Хвальковский, К.А. Звездин, Е.Г. Екомасов** 84  
ДИНАМИЧЕСКИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ МАГНИТНЫХ ВИХРЕЙ В СПИН-ВЕНТИЛЬНОМ НАНОСТОЛЬЧАТОМ ГЕНЕРАТОРЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СВЧ СИГНАЛА

**Ильвес В.Г, Сюрдо А.И., Соковнин С.Ю., Упоров С.А., Мурзакаев А.М** 85  
МАГНИТНЫЕ, СТРУКТУРНЫЕ И ЛЮМИНЕСЦЕННЫЕ СВОЙСТВА НАНОПОРОШКОВ И ПОКРЫТИЙ  $Al_2O_3$  И  $Al_2O_3-Fe_2O_3$

**Ильвес В.Г., Упоров С.А., Соковнин С.Ю., Мурзакаев А.М.** 86  
СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ФЕРРОМАГНЕТИЗМ ПРИ  
КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ НАНОПОРОШКОВ ZnO-Zn-Fe

**Рябухина М.В., Благодатков Д., Мухаметдинова А.** 87  
СТРУКТУРНЫЕ МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СВЕРХРЕШЕТОК Fe/Cr/Gd

**Беспалов А.В., Голикова О.Л., Савин С.С., Стогний А.И.,  
Новицкий Н.Н.** 88  
2D НАНОРАЗМЕРНЫЕ МАГНОННЫЕ КРИСТАЛЛЫ

**Скирдков П.Н., Королев Д.М., Звездин К.А., Currivan J.A., Baldo M.A.,  
Ross C.A., Звездин А.К.** 89  
НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА В БИСТАБИЛЬНОМ СПИН-ВЕНТИЛЬНОМ  
ЭЛЕМЕНТЕ (СРР ГЕОМЕТРИЯ)

**СЕКЦИЯ «МЕДИЦИНСКАЯ БИОФИЗИКА И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И  
ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НОВЫХ  
НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ»**

**Ванесян А.С., Журавлёв Г.И.** 90  
ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПСИХОЛОГИИ

**Габдрахманова Л.А., Трубкулова С.Ф.** 91  
РЕНТГЕНОВСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ  
В НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ КОБАЛЬТЕ

**Загитов Г.Н., Зелеев М.Х., Усманова С.И.** 92  
ИЗУЧЕНИЕ КОНФОРМАЦИОННЫХ СОСТОЯНИЙ МОЛЕКУЛЫ  
ФОСФАТИДИЛХОЛИНА НА БИСЛОЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕМБРАН

**Шарипов Т.И., Бахтизин Р.З.** 93  
ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЫ ДНК МЕТОДАМИ СКАНИРУЮЩЕЙ  
ТУННЕЛЬНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

**Кузиков А.В., Булко Т.В., Супрун Е.В., Шумянцева В.В.,  
Арчаков А.И.** 94  
НАНОБИОЭЛЕКТРОХИМИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ БЕЛКОВ

**Халиуллина Р.Г., Курбангулов А.Р., Муллабаев А.А.** 95  
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОБАЛЬТИТА ЛИТИЯ



**Хисматуллина З.Р., Шарафутдинова Л.А., Федорова А.М.** 96  
ПРИМЕНЕНИЕ USB-ОСЦИЛЛОГРАФА В  
ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

**Нургалева Э. З., Хайруллина Р. А., Массалимов И.А., Зимин Ю. С.,  
Ямалеева А.А., Мустафин А.Г.** 97  
БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСОВ НАНОЧАСТИЦ  
СЕРЫ С ГЛИКОЛЯМИ И СПИРТАМИ К ФИТОПАТОГЕННЫМ ГРИБАМ

**Гоц С.С., Севницкий С.А., Журавлев Г.И.** 98  
ПРОБЛЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ  
НАНОТОКСИЧНОСТИ СПИРТОВОДНЫХ СМЕСЕЙ

### **СЕКЦИЯ «ПРОБЛЕМЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ»**

**Салимов И.М., Шаяхметов Р.У.** 99  
ЭМИССИОННЫЕ СВОЙСТВА СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛ-ПОЛИАНИЛИН

**Акбберова Л.И., Лачинов А.А.** 100  
К ВОПРОСУ О СТАБИЛЬНОСТИ ОГРОМНОГО  
МАГНЕТОСОПРОТИВЛЕНИЯ В СТРУКТУРАХ НА ОСНОВЕ  
НЕСОПРЯЖЕННОГО ПОЛИМЕРА

**Лачинов А.А.** 101  
РОЛЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СОСТОЯНИЙ ДЛЯ  
ЭФФЕКТА ОГРОМНОГО МАГНЕТОСОПРОТИВЛЕНИЯ

**Байбулова Г.Ш., Галиев А.Ф., Жданов Э.Р., Корнилов В.М.,  
Калимуллина Л.Р.** 102  
НАДМОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ  
ПЛЕНОК ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА<sup>2</sup>

**Воробьев А.Ю., Пономарев А.Ф.** 103  
ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКОВ ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННОЙ  
ДЕПОЛЯРИЗАЦИИ В НАНОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУРАХ

**Гадиев Р.М., Галиев А.Ф.** 104  
ВЛИЯНИЕ ФТАЛИДНЫХ ГРУПП НА ТРАНСПОРТ НОСИТЕЛЕЙ  
ЗАРЯДА ВДОЛЬ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ДВУХ ПЛЕНОК  
ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА.

- Галиев А.Ф.** **105**  
 К ВОПРОСУ О СТРУКТУРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЯХ ПЕРЕХОДНОГО  
 СЛОЯ МЕТАЛЛ - ПОЛИМЕР
- Дезорцев С.В., науч. рук. проф. Доломатов М.Ю.** **106**  
 О СВЯЗИ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ И КВАНТОВЫХ СВОЙСТВ  
 ПРЕДЕЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ
- Ильясов В.Х., Пономарев А.Ф., Лачинов А.Н.** **107**  
 ИЗУЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ТОКОВ  
 ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННОЙ ДЕПОЛЯРИЗАЦИИ  
 ФТАЛИДСОДЕРЖАЩИХ СО-ПОЛИАРИЛЕНЭФИРКЕТОНОВ
- Калимуллина Л.Р., Байбулова Г.Ш., Жданов Э.Р.,  
 Асфандияров Н.Л.** **108**  
 ПРИНЦИП ВЫБОРА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОННОЙ  
 СТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДНЫХ ФТАЛИДА
- Карамов Д.Д., Корнилов В.М.** **109**  
 ИЗУЧЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ ТОНКИХ ПЛЕНОК  
 ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА
- Каримов И.Г.** **110**  
 ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ СУБМИКРОННЫХ  
 ПЛЕНОК ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА В ПЕРЕМЕННОМ  
 ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ
- Кистанов А.А., Дмитриев С.В.** **111**  
 ОБМЕН ЭНЕРГИЕЙ МЕЖДУ ДИСКРЕТНЫМИ БРИЗЕРАМИ В  
 КРИСТАЛЛЕ СО СТРУКТУРОЙ NaCl ПРИ НУЛЕВОЙ И КОНЕЧНЫХ  
 ТЕМПЕРАТУРАХ
- Матецкий А.В., Бондаренко Л.В., Грузнев Д.В., Зотов А.В.,  
 Саранин А.А.** **112**  
 ДВУХКАНАЛЬНАЯ ДИФфуЗИЯ ФУЛЛЕРЕНОВ НА ПОВЕРХНОСТИ  
 Si(111)-h- $\sqrt{3}\sqrt{3}$ -In
- Миниахметов А.А., Пономарев А.Ф.** **113**  
 ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ  
 ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ В СТРУКТУРЕ ТИПА «СЭНДВИЧ»
- Набиуллин И.Р.** **114**

ПРИМЕНЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК НАНОСТРУКТУРНЫХ ПОЛИМЕРОВ  
ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В МЕТАЛЛАХ

**Накаряков А.С., Лачинов А.Н.** 115  
ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ПЛЕНКАХ  
ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА

**Паймурзина Н.Х. Доломатова М.М., Еремина С.А.** 116  
ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОННОЙ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ ПРЯМОГО  
КРАСНОГО КРАСИТЕЛЯ В ВОДНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СРЕДЕ МЕТОДОМ  
КВАНТОВОЙ ХИМИИ И ЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

**Рахмеев Р.Г., Юсупов А.Р., Лачинов А.Н., Калимуллина Л.Р.,  
Накаряков А.С.** 117  
ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТА НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА ЧЕРЕЗ  
ГРАНИЦУ МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕР КЛАССА ПОЛИАРИЛЕНФТАЛИДОВ

**Чернов П.П., Пономарев А.Ф.** 118  
ЭФФЕКТ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ПРОВОДИМОСТИ В  
ТОНКИХ ПЛЕНКАХ ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА

**Шуляковская Д.О., Дезорцев С.В., Шуткова С.А., Петров А.В.** 119  
ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ НЕФТЯНЫХ АСФАЛЬТЕНОВ  
ПО КОРРЕЛЯЦИЯМ СПЕКТР-СВОЙСТВА

**Шуткова С.А., Дезорцев С.В., Шуляковская Д.О.** 120  
КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ И  
ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ НЕФТЯНЫХ АСФАЛЬТЕНОВ

**Юсупов А.Р., Тамеев А.Р., Лачинов А.Н., Ванников А.В.** 121  
ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ПОДВИЖНОСТЬ НОСИТЕЛЕЙ  
ЗАРЯДА В ПЛЕНКАХ ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА

**Аникин В.М.** 122  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ТЕОРИЯ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО  
ХАОСА

**Аникин В.М.** 124  
АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

*Научное издание*

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
НАНО- И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

**Тезисы докладов  
Всероссийской молодежной конференции  
в рамках фестиваля науки**

*Лицензия на издательскую деятельность  
ЛР № 021319 от 05.01.99 г.*

Подписано в печать 21.09.2012 г. Формат 60x84/16.  
Усл. печ. л. 5,75. Уч.-изд. л. 6,20.  
Тираж 100 экз. Изд. № 226. Заказ 60а.  
Цена договорная.

*Редакционно-издательский центр  
Башкирского государственного университета  
450074, РБ, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32.*

*Отпечатано на множительном участке  
Башкирского государственного университета  
450074, РБ, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32.*