

Т. 17, № 1, 2011

ISSN 1609 - 3143

Физическое образование в вузах

Приложение

Труды конференции–конкурса молодых физиков

Москва, 31 января 2011 г.

Под редакцией Н.В. Калачева и М.Б. Шапочкина

Издательский Дом Московского Физического общества

Редколлегия журнала «Физическое образование в вузах»

Совет журнала

Крохин Олег Николаевич — главный редактор, академик РАН, проф. НИЯУ МИФИ, доктор физико-математических наук, руководитель отделения квантовой радиофизики ФИАН

Гладун Анатолий Деомидович — заместитель главного редактора, зав. каф. МФТИ (ГУ), проф., доктор физико-математических наук

Николаев Владимир Иванович — заместитель главного редактора, проф. МГУ им. М.В. Ломоносова, директор ЦПНПК при МГУ, доктор физико-математических наук

Суханов Александр Дмитриевич — заместитель главного редактора, проф. РУДН, директор Центра естественнонаучного образования Минобрнауки РФ при РУДН., доктор физико-математических наук

Шапочкин Михаил Борисович — заместитель главного редактора, председатель Правления МФО, проф.,

доктор физико-математических наук

Колесников Юрий Леонидович — проректор СПбГУ ИТМО, проф., доктор физико-математических наук

Кудрявцев Николай Николаевич — ректор МФТИ (ГУ), член-корреспондент РАН, проф., доктор физико-математических наук

Трухин Владимир Ильич — декан физфака МГУ им. М.В. Ломоносова, проф., доктор физико-математических наук

Редакционная коллегия

Ответственный секретарь

Калачев Николай Валентинович — старший научный сотрудник отдела ученого секретаря ФИАН, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана и Финансового университета, кандидат физико-математических наук

Гороховатский Юрий Андреевич — зав. каф. РГПУ им. А.И. Герцена, проф., доктор физико-математических наук

Завестовская Ирина Николаевна — зам. декана Спецфака МИФИ, доц., кандидат физико-математических наук

Калашников Николай Павлович — зав. каф. НИЯУ МИФИ, проф., доктор физико-математических наук

Лебедев Владимир Сергеевич — зав. каф. МФТИ (ГУ), проф., доктор физико-математических наук

Лебедев Юрий Анатольевич — зам. Председателя Правления Объединённого физического общества РФ, доктор физико-математических наук

Песоцкий Юрий Сергеевич — ген. директор ООО «Марпут», проф., доктор педагогических наук

Пурешева Наталия Сергеевна — зав. каф. МПГУ, проф., доктор педагогических наук

Салецкий Александр Михайлович — зав. каф. МГУ им. М.В. Ломоносова, проф., доктор физико-математических наук

Спирин Геннадий Георгиевич — зав. каф. МАИ (ГТУ), проф., доктор физико-математических наук

Рудой Юрий Григорьевич — проф. РУДН, доктор физико-математических наук

Чернышев Виктор Викторович — зав. каф. ВА им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, проф., кандидат технических наук

Техническая редакция

Березин Павел Дмитриевич — руководитель РИИС ФИАН.

Алексеева Татьяна Валерьевна — инженер РИИС ФИАН.

Алексеева Татьяна Викторовна — редактор РИИС ФИАН.

© Вєçààäàëÿñëëë äîî ìðî, 2011 ä.

ЖУРНАЛ Физическое образование в вузах

УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА:

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
МОСКОВСКОЕ ФИЗИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО,

МАРПУТ

119991, Москва, ГСП-1,

Ленинский пр. 53,

Издательский дом МФО

Телефоны: (499)132-66-51

Факс: (499)132-66-51

E-mail: kalachev@sci.lebedev.ru

Уважаемые коллеги!

Издательский дом Московского Физического общества продолжает подписку на журнал «Физическое образование в вузах». Наш журнал двуязычный (принимаются статьи на русском и английском языках) и распространяется в странах СНГ.

Главный редактор журнала – академик Российской академии наук, профессор МИФИ, зам. директора Физического института им. П.Н. Лебедева РАН О.Н. Крохин.

Наш журнал является единственным, охватывающим все актуальные вопросы преподавания физики в вузе. Web страница журнала в сети Интернет: <http://pinhe.lebedev.ru/>

Основные разделы журнала

1. Концептуальные и методические вопросы преподавания общего курса физики в вузе, техникуме, колледже.
2. Вопросы преподавания курса общей физики в технических университетах.
3. Современный лабораторный практикум по физике.
4. Демонстрационный лекционный эксперимент.
5. Методика аудио-, видео- и компьютерного обучения.
6. Вопросы преподавания общего курса физики в педвузах и специальных средних учебных заведениях.
7. Текущая практика маломасштабного физического эксперимента.
8. Связь общего курса физики с другими дисциплинами.
9. Интеграция Высшей школы и Российской Академии наук.

Журнал издается объемом около 21 печатного листа ежеквартально, тиражом около 500 экз. Мы готовы опубликовать Ваши рекламные материалы, заказные статьи и другие коммерческие проекты. Информацию о расценках на эти услуги и условиях подписки можно получить в редакции.

Журнал внесен в «Каталог. Газеты и журналы». Агентство «Роспечать». Индекс 71371.

Условия подписки

Стоимость подписки на год – 1 200 рублей с 1 января 2011 г.

Банковские реквизиты ООО "Издательский дом МФО":

р/с № 40702810038280100249 в Донском отделении СБ № 7813/1583, г. Москвы, к/с № 30101810400000000225, БИК 044525225, ИНН 7736045853/КПП 773601001. В платежке указать назначение платежа «За подписку на журнал» и точный адрес для рассылки. Возможна подписка в редакции и приобретение СД всех выпусков журнала.

КОНФЕРЕНЦИЯ-КОНКУРС МОЛОДЫХ ФИЗИКОВ

31 января 2011 г. Московское физическое общество, Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук и МГТУ им. Н.Э. Баумана проводят в Колонном зале Физического института конкурс-конференцию научных работ студентов, аспирантов и молодых специалистов (в возрасте до 26 лет) учебных и научно-исследовательских институтов по различным разделам физики.

В отборочный комитет конференции-конкурса поступили тезисы 54 докладов из более чем 30 вузов и НИИ из 17 городов Российской Федерации, Дании и Чехии. В итоговой сессии планируется участие более 50 конкурсантов, соавторов и руководителей конкурсных работ, и будут представлены 14 устных и около 30 стендовых докладов.

В жюри конференции-конкурса работали:

1. *Гладун А.Д.*, кафедра общей физики МФТИ, профессор, д.ф.-м.н., председатель
2. *Грибков В.А.*, Президент Московского физического общества, профессор, д.ф.-м.н.
3. *Калачев Н.В.*, ученый секретарь конкурса, к.ф.-м.н., доцент кафедры физики МГТУ им. Н.Э. Баумана, ст.н.с. Отдела ученого секретаря ФИАН
4. *Михайлин В.В.*, д.ф.-м.н., проф., зав каф. оптики и спектроскопии МГУ, физ. факультет
5. *Морозов А.Н.*, заведующий кафедрой физики МГТУ им. Н.Э. Баумана, профессор, д.ф.-м.н.
6. *Очкин В.Н.*, заместитель директора ФИАН, профессор, д.ф.-м.н.
7. *Розмирович С.Д.*, секретарь экспертного совета Инновационного бюро «Эксперт»
8. *Шапочкин М.Б.*, председатель Правления Московского физического общества, профессор, д.ф.-м.н.

Программа работы Конференции-конкурса

10-00–11-00 – **регистрация** участников и вывешивание стендовых докладов

11-00–13-00 – **планарное заседание** (ведущий проф. М.Б. Шапочкин)

Приветствие от ФИАН – проф. В.Н. Очкин,

Приветствие от жюри – проф. А.Д. Гладун,

Заседание секции «Фундаментальная физика» (председатель проф. В.В. Михайлин), 6 докладов по 15 минут.

1. Зиновьев Д.А., Журавлев В.М. «Нелинейные уравнения, линеаризуемые с помощью обобщенных подстановок Коула-Хопфа. Ударные волны в сферически симметричных самогравитирующих системах», Ульяновский государственный университет.

2. Кочаев А.И., Арефьева П.А., Каренин А.А., Оленин И.С., Р. А. Браже «Супракристаллы – новый класс наноразмерных материалов и структур для наноэлектроники и водородной энергетики», Ульяновский государственный технический университет.
3. Кревчик П.В., В.А. Рудин Р.В. Зайцев, З.А. Гаврина, В.Д. Кревчик, М.Б. Семенов «Управляемые 2D-туннельные бифуркации в условиях внешнего электрического поля и метод контролируемого роста квантовых точек в системе АСМ/СТМ», Пензенский госуниверситет.
4. Пискунов А.А., «О роли компонентного состава комплексной (пылевой) плазмы в формировании упорядоченных структур макрочастиц», Петрозаводский государственный университет.
5. Семисалова А.С., Н.С. Перов, Е.А. Ганьшина, А.Д. Рубачева, А.Ф. Орлов, А.В. Марков, И.В. Кулеманов, Ю.А. Агафонов, В.И. Зиненко, В.В. Сарайкин «Ферромагнитный GaN:Cr – материал полупроводниковой спинтроники», Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова.
6. Финк Е.Е., Янин С.Н. «Исследование режимов работы ионного источника с холловским дрейфом электронов», г. Томск, Лаб. 23 НИИ ЯФ.
13-00–14-00 – **кофе брейк** и ознакомление со стендовыми докладами
14-00–16-00 – **заседание секции** «Прикладная физика» (председатель проф. А.Н. Морозов), 6 докладов по 15 минут.
1. Галимов Р.Н., Молевич Н.Е. «Акустические возмущения в стационарно неравновесной химически активной газовой среде с внешними источниками химических реагентов и энергии», Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П.Королева, Самарский филиал Учреждения Российской академии наук Физического института им. П.Н. Лебедева РАН.
2. Даллаева Д.С., Билалов Б.А., Кардашова Г.Д. «Исследование морфологии и структуры тонких пленок SiC и AlN с применением сканирующей зондовой микроскопии и рентгенодифрактометрии», Дагестанский государственный технический университет; Дагестан, г. Махачкала.
3. Завершинский Д.И., Молевич Н.Е. «Слабые ударные волны в фотодиссоциативных областях», Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П.Королева, Самарский филиал Учреждения Российской академии наук Физического института им. П.Н. Лебедева РАН,
4. Макеев М.О., Миронов Ю.М. «Использование методов ИК-спектроскопии и атомно-силовой микроскопии для исследования изменения свойств поверхности политетрафторэтилена в результате модификации в низкотемпературной плазме», МГТУ им. Н. Э. Баумана. Москва.

5. Медведев В.В., Кривцун В.М. «Методы спектральной фильтрации в источниках EUV излучения для проекционной фотолитографии нового поколения», Московский физико-технический институт, Институт спектроскопии РАН, Троицк.

6. Орлова Д.Ю.^{1,2,*}, Bartova E.², Мальцев В.П.^{1,3}, Kozubek S.², Чернышёв А.В.^{1,3} «Разработка метода восстановления флуоресценции после фотообесцвечивания для сильно неоднородных сред: применение в исследовании динамики внутриядерных белков живых клеток»,¹ Институт химической кинетики и горения, Новосибирск, ² Институт Биофизики Чешской академии наук, Брно, Чехия, ³ Новосибирский государственный университет.

16-00–16-30 **конкурс инновационных проектов** (ведущий проф. М.Б. Шапочкин), 2 доклада по 15 минут.

1. Гаврилов Д.А., Гаврилова Т.С., Преображенский Н.Б. «Портативный прибор для бесконтактной идентификации веществ», Московский физико-технический институт (ГУ).

16-30–17-30 – **подведение итогов, вручение дипломов победителям.**

По итогам конференции-конкурса предусмотрены премии:

- в номинации «Лучшая работа по фундаментальной физике» призовой фонд 20 тысяч рублей,
- в номинации «Лучшая работа по прикладной физике» призовой фонд 20 тысяч рублей,
- в номинации «Лучший стендовый доклад» призовой фонд 10 тысяч рублей,
- в номинации «Инновационный прехт» призовой фонд 10 тысяч рублей.

Финансирует премиальный фонд ГОУВПО МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Памятными дипломами награждены молодые физики, занявшие вторые и третьи места.

В сборнике, выпущенном до начала конкурса, публикуются тезисы работ всех участников конкурса-конференции. Сборник является приложением к журналу «Физическое образование в вузах», который является реферируемым и признан ВАК Российской Федерации. Все участники конференции получают твердую копию и, по желанию, электронную версию этого сборника.

Редакция журнала «Физическое образование в вузах» и МФО благодарят всех участников конференции-конкурса и желает им дальнейших успехов в научной работе.

Ученый секретарь конкурса, член правления МФО,
доцент, к.ф.-м.н.

Н.В. Калачев

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА

Устные доклады

НЕЛИНЕЙНЫЕ УРАВНЕНИЯ, ЛИНЕАРИЗУЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ ОБОБЩЕННЫХ ПОДСТАНОВОК КОУЛА-ХОПФА. УДАРНЫЕ ВОЛНЫ В СФЕРИЧЕСКИ СИММЕТРИЧНЫХ САМОГРАВИТИРУЮЩИХ СИСТЕМАХ

Д.А. Зиновьев, В.М. Журавлев

Ульяновский государственный университет, Инженерно-физический факультет
высоких технологий, e-mail: zinovev_d@mail.ru

В работе рассмотрен новый метод построения нелинейных уравнений, которые линеаризуются с помощью подстановок, обобщающих подстановку Коула-Хопфа для уравнения Бюргера. На основе предложенного подхода строится метод анализа общей структуры решений и вычисления точных решений в задачах о течениях сжимаемой жидкости. Приведено матричное обобщение данной модели течений. Проанализирована задача о динамике пылевидной материи нулевым давлением и газопылевой смеси [1].

В работе [3], был предложен новый подход к линеаризации большого класса нелинейных уравнений на основе метода, использующего подстановки типа Коула-Хопфа. Этот подход опирается на результат, полученный ранее в работе [4], который “объясняет” с достаточно общих позиций смысл наличия подстановки Коула-Хопфа для уравнения Бюргера. Основным смыслом этого результата состоит в том, что уравнение Бюргера является условием совместности семи линейных алгебраических уравнений относительно первых семи смешанных частных производных функции $T(x,t)$, являющейся решением уравнения теплопроводности: $T_t = aT_{xx}$ и переноса изолиний: $T_t + V(x,t)T_x = 0$. ($T_t = \partial T / \partial t$, $T_{xx} = \partial^2 T / \partial x^2$ и т.д.) В данной работе мы показываем, что этот результат можно обобщить и применить к построению более широкого класса нелинейных уравнений, линеаризуемых с помощью подстановки: $V = -T_x / T_x$ типа Коула-Хопфа.

В работе найден аналог уравнения Бюргера для сжимаемой вязкой жидкости и указан метод вычисления точных его решений. Предложенный подход может быть распространен на более широкий класс уравнений гидродинамического типа и применен в частности к задачам прикладной динамики газопылевых смесей [1].

Создан метод построения новых точных решений двумерных течений сжимаемой и несжимаемой жидкости [2].

Литература

1. Журавлев В.М., Зиновьев Д.А. Письма в ЖЭТФ, т. 87, вып. 5 (2008).
2. Журавлев В.М., Зиновьев Д.А. Письма в ЖЭТФ, т. 88, вып. 3 (2008).
3. Журавлев В.М., Никитин А.В. Нелинейный мир, N 9, 603 (2007).
4. Б.А. Урюков, Теплофизика и аэромеханика, N 3, 421 (1999).

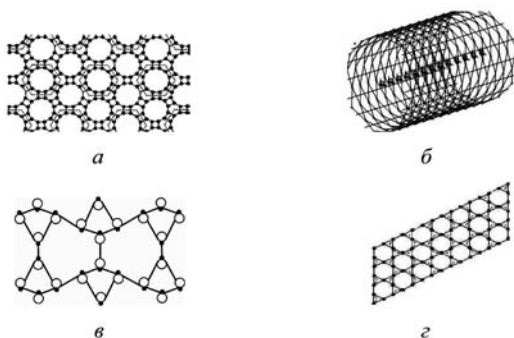
СУПРАКРИСТАЛЛЫ – НОВЫЙ КЛАСС НАНОРАЗМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СТРУКТУР ДЛЯ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ И ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

А.И. Кочаев, П.А. Арефьева, А.А. Каренин, И.С. Оленин,
Р.А. Браже

ГОУ ВПО Ульяновский государственный технический университет
432027 Ульяновск, ул. Северный Венец, 32; e-mail: a.kochaev@gmail.com

Методами теоретического исследования, математического и компьютерного моделирования рассчитаны симметричные, энергетические, электрические, упругие и сорбционные характеристики 2D- и 3D супракристаллов [1], а также изготавливаемых из них нанолент и нанотрубок [2–6] (рисунок). Исследованы возможности существования графаноподобных 2D супракристаллических структур и 2D супракристаллических гетеропереходов и акустических волноводов. Благодаря широкой вариативности своих физических свойств за счет подбора химического состава, типа структуры, геометрии и размеров, супракристаллы в ряде случаев оказываются более привлекательными для нанoeлектроники и водородной энергетики материалами, чем графен и графан.

Работа поддержана грантом РФФИ (проект №10-02_97002-р_поволжье_а).



Примеры супракристаллических нанолент (а), нанотруб (б), графаноподобной структуры (в), акустического волновода (г).

Литература

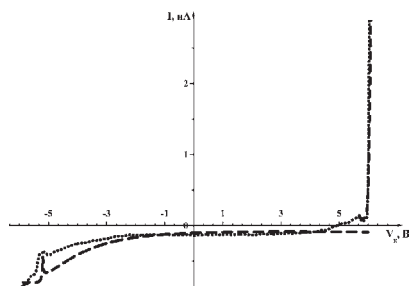
1. Браже Р. А., Каренин А. А. 2010 Изв. ВУЗов. Поволжский регион. Физ.-мат. науки. 4.
2. Браже Р. А., Кочаев А. И. 2010 Изв. ВУЗов. Поволжский регион. Физ.-мат. науки. 3 116.
3. Арефьева П. А., Браже Р. А., Каренин А. А. 2010 Радиоэлектронная техника: межвуз. сб. науч. тр. 141.
4. Браже Р. А., Каренин А. А. 2010 Ibidem 148.
5. Браже Р. А., Оленин И. С. 2010 Ibidem 156.
6. Браже Р. А., Кочаев А. И. 2010 Ibidem 40.

УПРАВЛЯЕМЫЕ 2D-ТУННЕЛЬНЫЕ БИФУРКАЦИИ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И МЕТОД КОНТРОЛИРУЕМОГО РОСТА КВАНТОВЫХ ТОЧЕК В СИСТЕМЕ АСМ/СТМ

П.В. Кривчик, В.А. Рудин, Р.В. Зайцев, З.А. Гаврина, В.Д. Кривчик,
М.Б. Семенов

Кафедра «Физика» ПГУ, Пенза, e-mail: physics@pnzgu.ru

Исследована проблема управляемости двумерного диссипативного туннелирования в системе «игла кантилевера АСМ/ СТМ – квантовая точка», моделируемой 2D-осциллятором потенциалом, взаимодействующим с термостатом,



во внешнем электрическом поле. Методом инстантонов рассчитана вероятность 2D-туннельного переноса и исследована ее зависимость от величины внешнего электрического поля. Полученные зависимости качественно соответствуют отдельным экспериментальным ВАХ для системы «платинированная игла кантилевера АСМ/ СТМ – квантовая точка из золота», полученным в НИФТИ при ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

Экспериментально наблюдаемыми и устойчивыми оказываются предсказанные ранее 2D-туннельные бифуркации с диссипацией для случая параллельно туннелирующих взаимодействующих частиц. Помимо достаточно хорошего качественного соответствия теоретической и экспериментальной зависимости (за исключением небольших переходных областей), результат этой работы позволяет сделать вывод об экспериментальном обнаружении предсказанной ранее теоретически устойчивой 2D-бифуркации (смене режима туннелирования с синхронного на асинхронный). Вблизи этой точки (резкий излом на ВАХ) небольшой локальный минимум может быть следствием режима квантовых биений, также описанных в работах авторов, и которые учитывались в процессе численного анализа, представленного на рис. Предсказанный теоретически и наблюдаемый экспериментально единичный пик на туннельных ВАХ в области отрицательных напряжений позволяет предложить метод контролируемого роста КТ (например, из коллоидного золота) в системе совмещенного АСМ/ СТМ, что оказывается важным как при разработке прецизионных устройств наноэлектроники, так и в наномедицине.

Литература

1. В.Ч. Жуковский, В.Д. Кривчик, Э. Леггет, М.Б. Семенов, В.А. Рудин, П.В. Кривчик и др. Управляемое диссипативное туннелирование (коллективная монография), М., физический факультет МГУ, Ч. 1, 2, 2009.

О РОЛИ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА КОМПЛЕКСНОЙ (ПЫЛЕВОЙ) ПЛАЗМЫ В ФОРМИРОВАНИИ УПОРЯДОЧЕННЫХ СТРУКТУР МАКРОЧАСТИЦ

А.А. Пискунов

НОЦ «Плазма», Петрозаводский государственный университет
185910, ул. Университетская, 10, e-mail: piskunov@plasma.karelia.ru

Присутствие макрочастиц (пылинок, капель) существенным образом влияет на коллективные процессы в плазме и модифицирует свойства плазменной среды. Макрочастицы, попадая в плазму, приобретают большой электрический заряд (10^3 - 10^7 элементарных зарядов), который сильно искажает электрическое поле в пространстве около неё, вследствие чего формируются сложные структуры заряда, поля, массы, потоков электронов и ионов. Самосогласованное взаимодействие ионов, электронов, нейтралов, электрических полей и заряженных макрочастиц, приводит к тому, что в комплексной плазме возникают собственные характерные пространственные и временные масштабы. Благодаря большому размеру макрочастиц (1-100 мкм) и относительно большому расстоянию между ними (200-500 мкм) существует замечательная возможность исследовать такие многочастичные системы на кинетическом уровне в рассеянном на макрочастицах свете.

При некоторых условиях макрочастицы в плазме могут выстраиваться в упорядоченные структуры. Упорядоченность проявляется в сравнительно малых колебаниях макрочастиц около положения равновесия (~ 60 мкм) относительно межчастичного расстояния (~ 250 мкм). Влияние компонентного состава, т.е. физико-химических свойств плазмообразующего газа и материала макрочастиц, на формирование таких структур при этом до сих пор почти не было исследовано.

В экспериментах с комплексной плазмой получаемой в тлеющем разряде постоянного тока были использованы различные комбинации инертных газов в сочетании с проводящими и непроводящими частицами: Ag+Al₂O₃, Ne+Al₂O₃ и Ag+Zn. Было исследовано влияние компонентного состава на плотность образуемых структур и на скорость перемещения макрочастиц в широком диапазоне условий (давление и температура газа, концентрация плазмы). В результате был получен важный вывод, что для описания взаимодействия между макрочастицами в исследуемых условиях достаточно ограничиться экранированным кулоновским потенциалом парного взаимодействия. При этом если для непроводящих макрочастиц дебаевские сферы почти не перекрываются, то для проводящих макрочастиц межчастичное расстояние оказывается меньше, чем дебаевский радиус. Этот результат имеет большое значение для понимания как происходит формирование структур в плазме, какова в этом случае роль материала макрочастиц и сорта газа и почему образование таких структур вообще возможно.

ФЕРРОМАГНИТНЫЙ GaN:Cr – МАТЕРИАЛ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ СПИНТРОНИКИ

А.С. Семисалова, Н.С. Перов, Е.А. Ганьшина, А.Д. Рубачева,
А.Ф. Орлов, А.В. Марков, И.В. Кулеманов, Ю.А. Агафонов,
В.И. Зиненко, В.В. Сарайкин

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова,
Физический Факультет, e-mail: semisalova@magn.ru

Спинтроника, в основе которой лежит использование не только заряда электрона, но и его спина, является новым и многообещающим направлением в развитии современной электроники. Одним из кандидатов в материалы, на основе которых возможна реализация спинтронных устройств, являются магнитные полупроводники, обладающие уникальным набором свойств – в них присутствует ферромагнитный порядок и при этом сохраняются полупроводниковые свойства. В данной работе представлены результаты исследования магнитных и магнитооптических свойств одного из таких материалов – нитрида галлия GaN, имплантированного хромом Cr, полученного в лаборатории ГИРЕДМЕТ (г. Москва).

Проведенные исследования показали, что образец является ферромагнетиком с температурой Кюри выше 400 К и при комнатной температуре обладает намагниченностью порядка 25 Гс, превышающей большинство из полученных на данный момент значений для образцов GaN, допированных ионами переходных металлов. Магнитооптические исследования позволяют делать вывод о существовании новых спин-поляризованных состояний в запрещенной зоне GaN при имплантации его хромом. В работе обсуждаются результаты температурных исследований магнитных и магнитооптических свойств GaN:Cr, влияние отжига на эти свойства. В частности, обнаружено сильное изменение магнитооптического отклика, вызванное отжигом, которое может свидетельствовать о перераспределении ионов Cr внутри решетки GaN.

Полученные результаты позволяют рассматривать исследованный материал GaN:Cr в качестве потенциального кандидата для создания полупроводниковых ферромагнитных гетероструктур с высокой степенью поляризации носителей зарядов [1].

Литература

1. J.E. Medvedeva, A.J. Freeman, X.Y. Cui, C. Stampfl and N. Newman, Half-Metallicity and Efficient Spin Injection in AlN/GaN:Cr (0001) Heterostructure, *Physical Review Letters* **94** (2005) 146602.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ИОННОГО ИСТОЧНИКА С ХОЛЛОВСКИМ ДРЕЙФОМ ЭЛЕКТРОНОВ

Е.Е. Финк, С.Н. Янин

НИИ ЯФ, e-mail: katya_fink@mail.ru

Ионный источник с холловским дрейфом электронов предназначен для очистки изделий в вакуумных камерах перед напылением, а также для процессов ионного ассистирования при напылении, и для травления тонких слоев материалов как ионным распылением (аргон), так и ионно-химическим травлением (фреон, элегаз и др.). В универсальных технологических системах, оборудованных ионными источниками можно проводить многие операции очистки, ионно-пучкового травления и распыления.

Целью данной работы является исследование режимов работы ионного источника с холловским дрейфом электронов, определение оптимального режима работы с точки зрения скорости травления и вольтамперных характеристик, а также получение данных о спектрах ионов в пучке ионного источника.

Результатом проделанной работы является:

1. Разработка, изготовление и исследование конструкции ионного источника с холловским дрейфом электронов.

2. Изучены вольтамперные характеристики ионного источника.

3. Исследовано зондовым методом распределение ионов в пучке по энергиям. Выявлено, что энергия ионов в пучке зависит от напряжения, подаваемого на источник. При $U = 1$ кВ максимальная энергия ионов в пучке равна 260 эВ, при 2 кВ – 280 эВ, 3 кВ – 300 эВ.

4. Измерена скорость травления алюминиевых пленок с помощью пучка ускоренных ионов аргона. Скорость травления при давлении $1,5 \cdot 10^{-4}$ торр 21 нм/мин. При давлениях $2 \cdot 10^{-4}$ торр и $1 \cdot 10^{-4}$ торр скорость практически одинакова и составляет около 14,5 нм/мин.

5. Определены оптимальные с точки зрения скорости травления режимы работы ионного источника. Оптимальным режимом работы ионного источника для очистки поверхности является $p = 1,5 \cdot 10^{-4}$ торр, $I = 50$ мА, $U = 3$ кВ. [2]

Литература

1. Данилин Б.С., Сырчин В.К. Магнетронные распылительные системы. – М.: Радио и связь, 1982. - 72 с.
2. Финк Е.Е. XV Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии» / Сборник трудов в 3-х томах. Т. 3. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 122-123с.

Стендовые доклады

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОАГУЛЯЦИИ НАНОЧАСТИЦ И ОБУСЛАВЛИВАЮЩИХ ЕГО СИЛ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

А.В. Альфимов

СПбГУ ИТМО, кафедра Фотоники и Оптоинформатики,
e-mail: alfimov.anton@gmail.com

В работе исследуется процесс коагуляции наночастиц оксида цинка в воде. Взаимодействие между частицами описывается с помощью модифицированной теории ДЛФО, полагающей, что отталкивание обусловлено перекрытием двойных электрических слоёв частиц, а притяжение – ван-дер-ваальсовыми силами. Конкретный вид потенциала взаимодействия частиц находится с помощью численного решения уравнения Пуассона-Больцмана для двух заряженных частиц [1]. Для моделирования динамики коагуляции частиц используется оригинальная численная схема [2,3], которая использует метод ланжевеновской динамики, описывающий влияние окружающей частицу жидкости через диссипативный и флуктуационный члены [4]. Получены зависимости вида спектра размеров частиц от времени и варьируемых параметров (температура, начальная концентрация).

Литература

1. Zhong-hua Qiao, Zhi-lin Li, Tao Tang. A finite difference scheme for solving the nonlinear poisson-boltzmann equation modeling charged spheres. // Journal of Computational Mathematics. Vol. 24. No. 3. 2006. P. 252–264.
 2. Альфимов А.В., Арысланова Е.М., Чивилихин С.А., Попов И.Ю., Гусаров В.В. Компьютерное моделирование процесса формирования нанокластеров методами флуктуационно-диссипативной ланжевеновской динамики // Нанотехнологии функциональных материалов. Труды международной научно-технической конференции 22-24 сентября. 2010. С. 530-531.
 3. Альфимов А.В., Вавулин Д.Н., Арысланова Е.М. Исследование эволюции дисперсий нанокластеров методами ланжевеновской динамики // 13-я научная молодежная школа по твердотельной электронике «Физика и технология микро- и наносистем». Тезисы докладов 12-13 ноября. 2010. С8.
 4. Allen M.P., Tildesley D.J. Computer simulation of liquids. // Clarendon, Oxford. 1987.
- и др.

ПРОХОЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ЧЕРЕЗ ПЕРИОДИЧЕСКИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ С СУБВОЛНОВЫМИ ЩЕЛЯМИ

Бабичева В.Е.^{1,2}, Лозовик Ю.Е.^{3,1}

¹Московский физико-технический институт (ГУ),
Институтский пер., д. 9, Долгопрудный, babicheva@td.lpi.ru

²Технический университет Дании, Факультет технической фотоники, Люнгби

³Институт спектроскопии РАН, ул. Физическая, д. 5, Троицк

Изучено аномально большое прохождение электромагнитной волны через структуры, состоящие из двух периодических массивов субволновых щелей в пленках [1]. Найдены условия, при которых коэффициент прохождения через эту систему равен нулю. Проанализирована роль поверхностных плазмон-поляритонов (ППП) в аномалиях прохождения [1]. Рассмотрение систем, состоящих из трех массивов щелей, показывает, какие особенности прохождения не зависят от количества зазоров. Показано, что на длине волны, соответствующей возбуждению ППП в зазоре между двумя периодическими массивами субволновых щелей, наблюдается нуль коэффициента прохождения, т.е. подавление прохождения.

Мы исследовали пики и нули в коэффициентах прохождения через различные периодические металлические структуры с субволновыми щелями и показали, что имеется подавление прохождения на длинах волн, соответствующих возбуждению ППП в одиночном массиве щелей [2] и в структуре, которая состоит из нескольких периодических массивов отверстий в пленках. Мы показали, что нуль в коэффициенте прохождения в этих системах наблюдается на длинах волн, соответствующих дисперсионному уравнению ППП в зазоре металл-диэлектрик-металл и с волновым числом, кратным вектору обратной решетки массива. Это в свою очередь накладывает ограничения на механизмы взаимодействия между двумя массивами отверстий. Также выявлены нули в коэффициенте прохождения для системы из двух периодических массивов щелей, которые зависят от поперечного смещения массивов относительно друг друга, периода массивов и размера щелей.

Литература

1. Babicheva V.E., Lozovik Yu.E. Surface plasmon polariton excitation and extraordinary optical transmission in metallic grating structures with subwavelength slits // Proceedings of SPIE – 2010. – V. 7712. – P. 77122Y.
2. Babicheva V.E., Lozovik Yu.E. Role of Propagating Slit Mode in Enhanced Transmission through Slit Arrays in Metallic Films // Opt. Quant. Electron. – 2009. – V. 41, N. 4 – P. 299-313.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ САМОГРАВИТИРУЮЩЕГО КОЛЬЦА НЕУПРУГИХ ЧАСТИЦ В ПОЛЕ ТЯЖЕСТИ МАССИВНОГО ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕЛА

В.Е. Баранов, В.Г. Макарян

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева, e-mail: RedBeard89@yandex.ru

В данной работе представлены результаты численного моделирования эволюции кольца, изначально состоящего из частиц равной массы и вращающегося вокруг массивного центра. Для решения задачи применялся метод Рунге-Кутты 4-го порядка.

Было реализовано 2 алгоритма решения: прямое интегрирование внутри всей области и решение задачи с помощью разбиения исходной области на ячейки [1], позволившее в достаточной степени сократить вычислительную сложность задачи и, как следствие, увеличить число участвующих в эксперименте объектов.

Реализован алгоритм, учитывающий как упругие, так и неупругие столкновения частиц кольца; в последнем случае исследовалось влияние на поведение системы компенсирующих друг друга явлений разрушения и слипания частиц (предполагается, что поверхность твёрдых частиц покрыта тонким слоем реголита [2]). Критерием того, будут частицы разрушаться или слипаться, является величина разности импульсов двух частиц в крайний момент, предшествующий моменту столкновения. В частности, при близких значениях импульсов частицы будут слипаться, и наоборот, если разница импульсов велика, будет наблюдаться разрушение частиц.

В результате серии численных экспериментов наблюдалось образование устойчивой во времени структуры в форме узкого плотного кольца. Кроме того, получены и проанализированы распределения частиц кольца по массам, радиальные распределения числа частиц, а также временная зависимость суммарного числа частиц кольца.

Литература

1. А.Г. Морозов, А.В. Хоперсков «Физика дисков», Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2005.
2. Н.Н. Горькавый, А.М. Фридман «Физика планетный колец», Успехи физических наук, том 160, вып. 2, февраль 1990 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК GaAs В МАТРИЦЕ GaP

С.А. Будённый, Т.С. Шамирзаев

Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН,
e-mail: BudennyuSemen@gmail.com

В настоящее время среди полупроводниковых структур пониженной размерности особое интерес представляют квантовые точки (КТ). Ввиду малых размеров по всем измерениям (10–30 нм) КТ, носители заряда, захваченные в КТ, имеют дискретный энергетический спектр. Пространственная локализация носителей заряда внутри КТ увеличивает вероятность излучательной рекомбинации и блокирует транспорт носителей к центрам безызлучательной рекомбинации. Структуры с такими свойствами перспективны для создания оптоэлектронных приборов с высоким квантовым выходом.

В настоящее время ведутся интенсивные исследования прямозонных полупроводниковых гетероструктур с КТ первого рода, которые излучают в инфракрасном диапазоне (например, In(Ga)As/GaAs, InP/GaAs). Однако, системы, излучающие в видимом диапазоне, имеют практическую значимость для создания высокоэффективных полупроводниковых лазеров. Предлагаемая нами замена GaAs на более широкозонный полупроводник, например GaP, позволяет сместить излучение КТ в видимую область спектра. Объектом исследования данной работы являются КТ GaAs в матрице GaP.

Как было показано в работе [1], упругие напряжения в КТ GaAs/GaP полностью релаксированы, что, однако, не ведёт к ухудшению оптических свойств КТ. Также было показано что, КТ, выращенные при условиях, описываемых в работе [1], имеют энергетическую структуру первого рода с основным электронным состоянием, принадлежащим L-долине GaAs. Тем не менее, оценки показали, что система GaAs/GaP может иметь как прямую, так и непрямую структуру зон [2]. Задачей работы являлось определение параметров массива КТ, при которых КТ будут иметь прямую зонную структуру и, следовательно, малое время жизни носителей заряда (порядка 1 нс), что повысит эффективность светоизлучающего прибора, созданного на их основе. Исследование проводилось с помощью программного пакета Nextnano++.

В программе Nextnano++ были получены энергии уровней размерного квантования для электронов во всех долинах зоны проводимости и тяжелых и легких дырок. Сравнение результатов расчёта с экспериментальными данными работы [1] показало, что программа Nextnano++ позволяет адекватно описать массив КТ. При помощи расчётной модели были определены параметры массива КТ, имеющих прямую энергетическую структуру.

Литература

1. T. S. Shamirzaev, D. S. Abramkin, A. K. Gutakovskii, M. A. Putyato, High quality relaxed GaAs quantum dots in GaP matrix.
2. Т. С. Шамирзаев, ФТП, Т. 45, В. 1, стр. 97, (2011).

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЗОВ В РАМКАХ
КВАЗИХИМИЧЕСКОЙ КЛАСТЕРНОЙ МОДЕЛИ (КХКМ)**

А.В. Гелиев, Б.В. Егоров

Центральный Аэрогидродинамический Институт им. Н.Е. Жуковского,
e-mail: Alexander.geliev@mail.ru

Уравнение состояния однокомпонентного идеального газа $PV = nRT$, (P – давление, V – объём, R – универсальная газовая постоянная, n – число молей газа) при учёте образования в нём простейших кластеров-димеров может быть представлено в виде $PV = (n_1 + n_2)RT$, где n_1 – число молей мономеров, n_2 – число молей димеров газа [1]. Одним из наиболее развитых уравнений состояния реального газа, является вириальное уравнение $\frac{P}{\rho RT} = 1 + B\rho + C\rho^2 + D\rho^3 + \dots$, где B, C, D – 2-й, 3-й, 4-й вириальные коэффициенты соответственно.

Другим подходом к получению уравнения состояния однокомпонентного или многокомпонентного газа и молярной теплоёмкости при постоянном давлении является использование, построенной на квантово-статистических основах, так называемой квазихимической кластерной модели (КХКМ). На основании КХКМ однокомпонентного газа он представляется в виде смеси мономеров, димеров, тримеров и т.д. с числовой плотностью N_i , $i = 1, 2, 3, \dots$. На основании квантово-химических расчётов методами ab initio были рассчитаны моменты инерции, частоты внутри и межмолекулярных колебаний, а также энергии образования и диссоциации кластеров, что позволило найти мольные доли кластеров и построить уравнение состояния, а также молярную теплоёмкость при постоянном давлении однокомпонентного газа для идеальной смеси кластеров [2].

Литература

1. Э. Мэйсон, Т. Сперлинг. Вириальное уравнение состояния М.: “ Мир”, 1972, 280.
2. Stogryn D. E., Hirschfelder J.O. Contribution of Bound, Metastable, and Free Molecules to the Second Virial Coefficient and Some Properties of Double Molecules// J. Chem. Phys., 1959, volume 31, № 6 pp 1531-1534.

МАКРОГИПЕРБОЛОИД

А.В. Дыбов, В.В. Ласуков

Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050,
e-mail: lav_9@list.ru

Известно, что обычный атом, имеющий размер порядка одного ангстрема, способен генерировать спонтанное излучение. С другой стороны, релятивистская микроскопическая частица (электрон), совершая макроскопическое движение в магнитном поле (в ускорителе), может генерировать спонтанное излучение (синхротронное излучение) при спонтанных переходах в дискретном энергетическом спектре (уровни Ландау) поперечного движения. Это означает, что ускоритель является искусственным атомом макроскопических размеров.

По аналогии в докладе исследовано спонтанное излучение макроскопического атома микронного размера, названного броуновским наноатомом. В наноатоме в качестве электрона выступает заряженная макроскопическая броуновская частица [1], а в роли ядра выступает макроскопический источник внешнего поля. Сначала рассмотрен природный процесс подзарядки наночастицы, так как без заряда она не может взаимодействовать с внешним полем [2]. Затем рассмотрено спонтанное излучение наноатома с учетом начальной заселенности на основе уравнения Шредингера, в котором осуществлен традиционный винов поворот времени, так как только в таком случае оно имеет нестационарное решение броуновского типа и обычные стационарные решения. Дело в том, что нестационарное решение обычного уравнения Шредингера не описывает броуновское движение, так как временная компонента такого решения, являясь комплексной величиной, тем самым не обладает вероятностным смыслом дисперсии.

Показано, что подобная двухуровневому атому заряженная броуновская наночастица во внешнем поле может генерировать спонтанное и вынужденное излучение в радиодиапазоне. Исследован диффузионный механизм подзарядки наночастиц. Исследованный процесс излучения является **макроскопическим** квантовым явлением, которое может быть использовано в наноэнергетике, синтетической биологии, медицине и других областях науки и техники.

Литература

1. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т.3. – М.: Наука, с. 108, 1966.
2. Смирнов Б.М. Проблема шаровой молнии. – М.: Наука, 1987.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАНГОВОГО АНАЛИЗА В ФИЗИКЕ И АСТРОФИЗИКЕ

М.В. Дятлова, Р.А. Хайбуллов, Р.В. Гурина

Ульяновский государственный университет, e-mail: marinka8d@mail.ru

Построены ранговые H -распределения объектов ряда астрономических систем (галактики, планеты и пр.) а также физических параметров определенных видов материалов, проведена их аппроксимация и сделан вывод о соответствии этих ранговых распределений (РР) закону рангового распределения (ЗРР) или распределению Ципфа: $W = A/r^b$, где W – ранжируемый параметр, A – его максимальное значение; b – ранговый коэффициент (степень крутизны гиперболы), r – ранг объекта (1,2,3,...) в порядке убывания параметра W [1,2 и др]. В работах Б.И. Кудрина и его школы (www.kudrinbi.ru; www.gurinarv.ru) показано, что разнообразие объектов любой системы отражает ЗРР.о. ЗРР является математическим выражением закона необходимого разнообразия систем Эшби. Чтобы количественно сравнить разнообразие ранговых систем, нами применён метод, основанный на методе оценки сложности информационных систем Шеннона по известной формуле:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

где H – коэффициент Шеннона, n – количество видов в системе, $p_i = W/W_0$ – доля элементов данного (i -го) вида в общем количестве элементов или вероятность обнаружения объекта данного вида. Результаты исследования 10 рангово-видовых РР объектов в астрофизических и геофизических системах показали, что индекс Шеннона связан с ранговым коэффициентом I зависимостью $I = H_0/H^\alpha$, где $\alpha = 0,83$.

Выводы. 1) Показано, что полученные РР астрономических объектов, совокупностей параметров физических объектов, являются ципфовскими распределениями. Практическое применение РА в области физики – в возможности оценивания полноты физической системы, прогнозирования её состояния. 2) Закон разнообразия Эшби дополнен количественным содержанием и принял математическую оболочку в виде ЗРР. Коэффициент I в ЗРР связан с индексом Шеннона обратной зависимостью и отражает степень разнообразия системы: чем больше I , тем меньше разнообразие системы. 3) Значимость исследования – в дополнении методологии физики ценологическим подходом.

Литература

1. Хайбуллов Р.А. Ранговый анализ космических систем // Известия ГАО в Пулкове. № 219, вып. 3. Труды второй Пулковской молодёжной конференции. – СПб. 2009. С. 95-105.
2. Гурина Р.В., Валежанина Е.В., Дятлова М.В. Ранговое распределение как системное свойство физических ценозов // Актуальные проблемы современной науки и образования: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием г. Ульяновск, УлГУ, 15-16 сентября 2010 г. – Ульяновск: УлГУ, 2010. С.33-36.

АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ГРОЗОВОЙ ОБЛАЧНОСТИ

И.А. Краснова¹, Н.С. Ерохин^{1,2}

¹ Российский Университет Дружбы Народов, ул. Орджоникидзе, д. 3, 115419, Москва, Россия, e-mail: sungirl8@mail.ru

² Институт космических исследований РАН, ул. Профсоюзная, д. 84/32, 117997, Москва, Россия, e-mail: nerokhin@iki.rssi.ru

Мощные атмосферные вихри типа тропических циклонов (ТЦ) обычно имеют гидродинамическую спиральность $H = \mathbf{v} \cdot \text{rot } \mathbf{v}$, которая повышает их устойчивость и увеличивает время существования. Эксперимент показал, что ТЦ имеют заряженные подсистемы, создающие напряженности электрического поля порядка 150 кВ/м, которые возникают в грозовой облачности и могут способствовать формированию в нестабильной атмосфере тайфунов и торнадо. Однако для корректного анализа роли заряженных подсистем в генерации и поддержании спиральных, неоднородных движений в мощном вихре необходимо исследование структурных характеристик электрической турбулентности в грозовой облачности.

В работе изложены результаты анализа структурных функций $S_m(L)$ для конкретной экспериментальной выборки вертикального профиля электрического поля $E_z(z)$ в грозовой облачности на высотах $z < 16$ км. Для экспериментального графика $E_z(z)$ проведена разработка аналитической аппроксимации $E_a(z)$ в классе локализованных по высоте функций. На основе $E_a(z)$ выполнены численные расчеты $S_m(L)$, изучено их поведение в зависимости от масштаба L при высоком пространственном разрешении $\delta z = 3$ м. Профиль $E_z(z)$ имеет сильные флуктуации на масштабах порядка десятков метров. Расчетами определены инерционные интервалы электрической турбулентности атмосферы на малых и средних масштабах (в них $S_m(L) \sim L^{g(m)}$), получены аналитические аппроксимации $S_m(L)$ и определены скейлинговые экспоненты $g(m)$. Оказалось, что на малых масштабах $g_1(m)$ очень близки к линейной функции $g_1(m) \approx 0.943 \cdot m$, что существенно отличается от Колмогоровского закона $g_k(m) = m/3$ и от спирального скейлинга $g_h(m) = 2m/3$. На средних масштабах получено $g_2(m) \approx 0.614 \cdot m$. В инерционных интервалах выявлены отклонения $S_m(L)$ от степенного скейлинга, которые объясняются наличием в системе когерентных электрических структур. Полученные результаты могут быть использованы для последующих оценок роли электрических подсистем в формировании самосогласованной, существенно неоднородной структуры движений газа в ТЦ, при численном моделировании их нелинейной динамики с использованием схем параметризации, для выявления возможности воздействия на ТЦ.

СЛУЧАЙНО-ВОЗМУЩЕННЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ТИПА ВОЛЬТЕРРА-ЛОТКИ И МЕТОД МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНТРОПИИ

П.П. Миронов, В.М. Журавлев

Ульяновский Государственный Университет Инженерно-физического факультета
высоких технологий, e-mail: museum86@mail.ru

В докладе излагается общий подход к анализу случайно-возмущенных конечномерных нелинейных динамических систем с помощью метода максимальной энтропии [1-3]. В основе подхода лежит метод Рейнольдса для усреднения уравнений случайно-возмущенной системы по ансамблю. Как известно, система усредненных уравнений Рейнольдса для нелинейных уравнений оказывается незамкнутой вследствие наличия высших моментов случайных величин в усредненных уравнениях. В предлагаемом подходе замыкание уравнений Рейнольдса производится с помощью метода максимальной энтропии, гарантирующего, что полученные с его помощью уравнения для моментов дают распределение с максимально большим числом микросостояний (микротраекторий системы), с помощью которых реализуется каждая усредненная траектория системы. Это обеспечивает максимальную наблюдаемость таких траекторий.

В работе излагаются результаты применения такого подхода к стохастической модели Вольтерра-Лотки для двухвидовой популяции, а также для ее обобщений, таких как модель кинетики радиационного образования кластеров [4] и уравнения Эйлера для вращения твердого тела. Вычислены уравнения усредненной динамики и проанализированы условия устойчивости решений.

Литература

1. Журавлев В.М., Шляпин В.А. Принцип вторичного максимума энтропии и уравнения Рейнольдса в стохастической динамике одномерных нелинейных систем // Нелинейный мир. – 2008. – Т. 6. - №7. – С. 352-363.
2. Журавлев В.М. Турбулентность течений несжимаемой жидкости вблизи локального равновесия и принцип вторичного максимума энтропии // ЖТФ. – 2009. - №1. – С. 16-27.
3. Журавлев В.М., Шляпин В.А. Метод сопряженных функций в стохастической динамике одномерных нелинейных систем и принцип вторичного максимума энтропии // Прикладная математика и механика. – Ульяновск: УлГТУ, 2009. – С. 72-88.
4. Светухин В.В., Голованов В.Н., Рисованый В.Д. Сборник статей. Моделирование поведения под облучением реакторных материалов. – Ульяновск: УлГУ, 2007. – 205 С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИКИ ЗАКРУЧЕННОГО ПОТОКА В ПРИСУТСТВИИ ОБЪЁМНОГО РАЗРЯДА

И.П. Завершинский, В.Г. Макарян, Н.Е. Молевич, Д.П. Порфирьев

Самарский государственный аэрокосмический университет, e-mail: dporfirev@rambler.ru

В работе на основе численного расчета структуры трёхмерного турбулентного закрученного потока в трубе качественно объяснено влияние тепловыделения в газоразрядной области для двух случаев, описанных в [1]: поперечного разряда, создаваемого на небольшом расстоянии от открытого торца, и продольного разряда на оси симметрии системы. Одним из результатов экспериментов с поперечным разрядом является образование горячей ($T \sim 3000\text{K}$) продольной осесимметричной светящейся области, имеющей форму конуса, который выдувается потоком при относительно малых значениях расхода и вытягивается на расстояние $\sim 0.1 \cdot 0.3\text{м}$ навстречу ему с ростом расхода газа. Объяснение такого неожиданного поведения дано нами при помощи понятия «тепловой линзы». При малых расходах газа приосевая зона нагревается сильнее, линии тока преломляются под большим углом и основной поток протекает через локальную зону источника к выходному отверстию, пробивая и разрушая зону противотока. При увеличении расхода газа, то есть более эффективном охлаждении, преломление линий тока оказывается не столь значительным и разрушение зоны противотока происходит только вблизи источника или не происходит вовсе. В результате, как подтверждает проведённое в [2] численное моделирование, область наиболее горячего разреженного газа действительно выдувается против потока газа. В случае продольного разряда исследовалась изгибающая неустойчивость с характерной длиной волны в несколько сантиметров, объяснить которую можно прецессией вихревого ядра. Было исследовано влияние мощности тепловыделения на частоту прецессии. Качественные аналитические оценки, сделанные на основе анализа неустойчивости Кельвина-Гельмгольца, предсказывали увеличение частоты с ростом тепловыделения, что и наблюдалось при моделировании течений со степенью закрутки потока ~ 1 и характерными осевыми скоростями $\sim 5\text{ м/с}$. Работа частично поддержана АЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (2009 – 2010 гг.), проект 2.1.1/309, ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы, НК-410П (38/ No 2315), НК -422П (59/ No 2450).

Литература

1. Klimov A., Bitiurin V., Tolkunov B., Moralev I. et al// Paper AIAA 2008–1386.
2. И.П.Завершинский, А.И.Климов, В.Г.Макарян, Н.Е.Молевич, И.А. Моралев, Д.П.Порфирьев // Письма в ЖТФ. – 2009. – Т.35. – № 24. – С. 59-67.

ДОМЕННАЯ СТРУКТУРА АМОРФНОГО ФЕРРОМАГНИТНОГО МИКРОПРОВОДА В СТЕКЛЯННОЙ ОБОЛОЧКЕ

В.В. Родионова, Н.С. Перов

Кафедра магнетизма, Физический факультет МГУ
119991 Москва ГСП-1, Ленинские горы, д.1, стр. 2, e-mail: rodionova@magn.ru

Получение аморфного ферромагнитного микропровода (впервые – авторами [1, 2]) – материала с цилиндрической симметрией, послужило толчком в развитии теории микромагнетизма. Доменная структура микропровода зависит, в первую очередь, от распределения механических напряжений, формирующегося в зависимости от возникающих при изготовлении радиальных, циркулярных и аксиальных напряжений, и знака магнитоупругой константы материала, и является очень чувствительной к любым внешним воздействиям – малым магнитным полям, напряжениям, температурам. Доменная структура металлической жилы аморфного ферромагнитного микропровода в стеклянной оболочке теоретически рассчитана (например, [3]), но экспериментально не подтверждена, что связано с отсутствием соответствующих методик исследований. В ходе настоящей работы был разработан комплекс экспериментальных методов, позволяющий проводить оценки положения доменной границы, отделяющей центральный домен с аксиальным направлением намагниченности от наружных доменов с радиальным или циркулярным направлением магнитного момента. Этот комплекс позволил провести оценки положения указанной доменной границы для металлической жилы аморфных ферромагнитных микропроводов в стеклянной оболочке, изготовленных из сплавов с разными знаками константы магнитострикции.

В работе впервые проведено исследование движения доменных границ вдоль оси микропровода для системы двух микропроводов. На данный момент существуют две теории, описывающие механизм взаимодействия микропроводов и доказывающие, что, либо во взаимодействии участвует весь объем микропроводов [4], либо взаимодействие локализуется вблизи их концов [5]. В ходе проведенных экспериментов установлен механизм взаимодействия микропроводов – результаты измерений и их анализ показали, что во взаимодействии микропроводов участвует весь объем микропроводов.

Литература

- [1] Мирошниченко И.С. и др., Известия АН СССР. Серия Металлы, №1 (1980) 117-120.
- [2] Ohnaka I. et al., Journal of the Japan Institute of Metals, 45 (7) (1981) 751-758.
- [3] Chiriac H. et al., Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 249 (1-2) (2002) 141-145.
- [4] Velazquez J. et al., Physica B, 320 (2002) 230-235.
- [5] Horia Chiriac et al., IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, 44 (4) (2008).

ПОЛЯРИЗАЦИЯ ФОТОН-ЭХА В ПАРАХ ИТТЕРБИЯ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ ЕГО ИМПУЛЬСАМИ С ЛИНЕЙНОЙ И КРУГОВОЙ ПОЛЯРИЗАЦИЯМИ

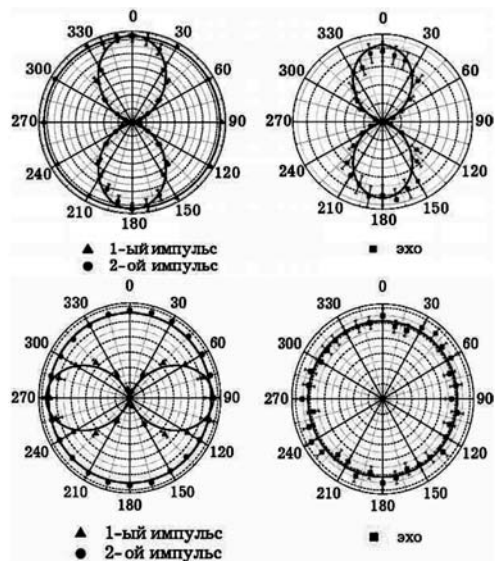
В.Д. Салахутдинов, С.А. Кочубей, Е.Б. Хворостов, Н.Н. Рубцова

Институт физики полупроводников СО РАН, e-mail: seva011@gmail.com

Впервые исследованы поляризационные характеристики фотонного эха, сформированного в парах иттербия на интеркомбинационном переходе $^1S_0 \rightarrow ^3P_1$ ^{174}Yb (длина волны 555,65 нм) для двух возбуждающих импульсов, поляризованных циркулярно и линейно.

Обнаружено, что если 1-ый импульс поляризован по кругу, а второй – линейно, то поляризация эха линейна (см. рисунок, верхний ряд). В случае, если поляризация 1-го импульса линейна, а второго – циркулярна, эхо поляризовано по кругу (см. рисунок, нижний ряд).

Полученные результаты подтверждают поведение поляризации эхо-сигнала для переходов $J = 1 \rightarrow J = 0$, предсказанное в [1]. В работе [2] эксперименты проводились с импульсами, поляризованными линейно под углом ϕ друг к другу; при этом поляризация эха повторяла поляризацию 2-го возбуждающего импульса. Таким образом, в чистых парах иттербия на переходе $0 \rightarrow 1$ поляризация эха совпадает с поляризацией 2-го возбуждающего импульса во всех возможных сочетаниях линейных и круговых поляризаций.



Поляризационные диаграммы возбуждающих импульсов (левый столбец) и фотонного эха (справа).

Литература

1. A.I. Alekseyev, I.V. Yevseyev, JETP, 56, 2118 (1969).
2. N.N. Rubtsova, S.A. Kochubei, V.N. Ishchenko, E.B. Khvorostov, and I.V. Yevseyev, Laser Phys. 19, 171 (2009).

АКУСТИЧЕСКАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ПОТОКА ГАЗА С ТЕПЛОЫДЕЛЕНИЕМ

Н.Е. Молевич^{1,2}, Н.В. Трошкин¹

¹Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П.Королева
(национальный исследовательский университет)

²Самарский филиал Учреждения Российской академии наук Физического
института им. П.Н. Лебедева РАН, e-mail: nicknec@yandex.ru

В стационарной среде с распределенным источником тепловыделения присутствует градиент температуры, определенный выбранным способом теплоотвода, что делает ее неоднородной [1]. Исследование таких потоков на акустическую устойчивость играет важную роль в разработках мощных газовых лазеров и плазменной аэродинамике. В текущей работе нами были получены поправки на неоднородность к акустическому инкременту, к которым приводит осевой температурный градиент, созданный конвективным теплоотводом.

В работе показывается, что при слабой неоднородности среды ($\frac{1}{T_0} \frac{dT_0}{dx} \ll \frac{\omega}{u_\infty(1+M_\infty)}$, здесь и далее: u_∞ – скорость высокочастотного звука, M_∞ – число Маха, γ_∞ – показатель адиабаты) систему уравнений гидродинамики можно свести к нескольким замкнутым волновым уравнениям для компонент возмущения. Например, для скорости:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \tilde{v}}{\partial t^2} - (u_\infty^2 - U^2) \frac{\partial^2 \tilde{v}}{\partial x^2} + 2U \frac{\partial^2 \tilde{v}}{\partial x \partial t} = -2\alpha_\infty u_\infty \left(\frac{\partial \tilde{v}}{\partial t} + U \frac{\partial \tilde{v}}{\partial x} \right) - \\ - \frac{M_\infty u_\infty}{(1 - \gamma_\infty M_\infty^2)} \left[(1 + 2\gamma_\infty + M_\infty^2) M_\infty u_\infty \frac{\partial \tilde{v}}{\partial x} + (\gamma_\infty + M_\infty^2) \frac{\partial \tilde{v}}{\partial t} \right] \frac{1}{T_0} \frac{dT_0}{dx}. \end{aligned}$$

Акустические инкременты нарастания возмущений скорости, плотности, температуры и давления в этом случае не равны друг другу, как в случае с однородной средой, но отличаются даже по знаку. Поправка на неоднородность особенно сильна, когда скорость потока невелика. В дозвуковых потоках возмущения температуры и скорости растут по потоку, а против – затухают, давления и плотности – наоборот. В сверхзвуковых потоках затухают только возмущения плотности.

Работа частично поддержана АЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (2009 – 2010 гг.), проект 2.1.1/309, ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы, НК-410П (38/ No 2315), НК - 422П (59/ No 2450) и контракт 14.740.11.0676.

Литература

1. Молевич Н.Е. Усиление звука в неоднородных потоках неравновесного газа // Акустический журнал. 2001. Т. 47. № 1. С. 96-99.

ТОМОГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ

А.К. Федоров, С.О. Юрченко

МГТУ им. Н.Э. Баумана, e-mail: lex1026@gmail.com

В 1996 году было предложено использование в квантовой механике симплектических томограмм [1], предполагающих симплектическое преобразование фазового пространства. В такой формулировке состояние квантовой системы полностью определяется томограммой $w(X, j, S)$, где X – координата в новой системе отсчета; j, S – параметры системы отсчета. Показано [2], что для томограммы справедлива теорема Эйлера об однородных функциях:

$$w(X, \mathfrak{m}, \mathfrak{n}) = - \frac{\mathfrak{I} w(X, \mathfrak{m}, \mathfrak{n})}{\mathfrak{I} X} X + \frac{\mathfrak{I} w(X, \mathfrak{m}, \mathfrak{n})}{\mathfrak{I} \mathfrak{m}} \mathfrak{m} + \frac{\mathfrak{I} w(X, \mathfrak{m}, \mathfrak{n})}{\mathfrak{I} \mathfrak{n}} \mathfrak{n} \quad (1)$$

Следовательно, можно ввести некоторое T -пространство, в котором $\mathbf{r} = (X, \mathfrak{m}, \mathfrak{n})^T$. Переход к томограмме Френеля и ортогонализация базисных векторов приводят к ортогональному T -пространству. Для радиус-вектора в T -пространстве уравнение (1) имеет вид:

$$w(X, \mathfrak{n}) = - (\mathbf{r} \mathbf{C}) w(X, \mathfrak{n}) \quad (2)$$

где ∇ – оператор Гамильтона в T -пространстве.

Таким образом, в работе предложен переход к томографической формулировке на основе использования свойства однородности томограммы, найдено уравнение, решение которого позволяет определить вид томограммы. Предложена концепция T -пространства. Переход к томографической формулировке квантовой физики представляет особый интерес в связи с возможностью экспериментального измерения томограмм [3]. Однако открытыми остаются вопросы построения последовательной релятивистски-инвариантной томографической теории. Во всяком случае, найденное в настоящей работе уравнение (2) инвариантно относительно преобразований Лоренца.

Литература

1. S. Mancini, V. I. Man'ko, P. Tombesi. Symplectic tomography As Classical Approach to Quantum Systems / *Phys. Lett. A* – 1996 – Vol. 213, Pp. 1-6.
2. M. Beck, M.G. Raymer. Experimental Quantum State Tomography of Optical Fields and Ultrafast Statistical Sampling // *Phys. Rev. Lett.*, 70 (1993), 1244.

УСЛОВИЕ КВАЗИСИНХРОНИЗМА ПРИ ГЕНЕРАЦИИ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ В ПРОСТРАНСТВЕННО-ПЕРИОДИЧЕСКИХ НЕЛИНЕЙНЫХ СРЕДАХ

А.А. Чайкин, Е.Н. Тумаев

Кубанский государственный университет,
350040, Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: sanchaikin@rambler.ru

Одним из способов повышения эффективности нелинейных оптических сред является использование кристаллов, обладающих регулярной доменной структурой (РДС) [1], в которых реализуется явление квазисинхронизма. Теоретические исследования квазисинхронизма, как правило, проводятся в приближении медленно меняющихся амплитуд (ММА) [2], которое несправедливо, если толщина слоев РДС сравнима с длиной электромагнитной волны. В настоящих тезисах формулируется условие квазисинхронизма при генерации второй гармоники (ГВГ) вне рамок приближения ММА.

Уравнения для амплитуд плоских электромагнитных волн, распространяющихся вдоль оси Oz на частотах ω и 2ω в среде с периодической зависимостью диэлектрической проницаемости, имеют вид

$$\frac{d^2 E_\omega}{dz^2} + k^2 \varepsilon_\omega(z) E_\omega = 0, \quad \frac{d^2 E_{2\omega}}{dz^2} + 4k^2 \varepsilon_{2\omega}(z) E_{2\omega} = 4\pi k^2 \chi E_\omega E_\omega.$$

где $k = \omega/c$ – волновое число, χ – нелинейная восприимчивость. Представляя в виде пространственно-модулированной волны, и используя метод функций Грина [3], получаем условие квазисинхронизма в следующей форме

$$\begin{aligned} & \sqrt{\varepsilon_0(\omega)} - \sqrt{\varepsilon_0(2\omega)} + \frac{a^2 \sqrt{\varepsilon_0(\omega)}}{4\pi^2} (\omega/c)^2 \frac{\varepsilon_1(\omega)^2}{1 - a^2 \omega^2 \varepsilon_0(\omega)^2 / \pi^2 c^2} - \\ & - \frac{a^2 \sqrt{\varepsilon_0(2\omega)}}{4\pi^2} (2\omega/c)^2 \frac{\varepsilon_1(2\omega)^2}{1 - 4a^2 \omega^2 \varepsilon_0(\omega)^2 / \pi^2 c^2} = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Выражение (1) при $\varepsilon_1 = 0$ превращается в обычное условие равенства показателей преломления при ГВГ в однородных средах. В случае, когда, численный анализ выражения (1) показывает, что даже при малой пространственной неоднородности наблюдается отклонение от закона квазисинхронизма в приближении ММА.

Литература

1. Дмитриев В.Г., Тарасов Л.В. Прикладная нелинейная оптика. М: Физматлит, 2004, 512 с.
2. Tsang M., Psaltis D. Optics Communications **242**, 659 (2004).
3. Карпов С.Ю., Столяров С.Н. УФН **163**, 63 (1993).

ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА

Устные доклады

АКУСТИЧЕСКИЕ ВОЗМУЩЕНИЯ В СТАЦИОНАРНО НЕРАВНОВЕСНОЙ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ С ВНЕШНИМИ ИСТОЧНИКАМИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ И ЭНЕРГИИ

Р.Н. Галимов^{1,2}, Н.Е. Молевич

¹ Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П. Королева (национальный исследовательский университет), 443086 Самара, Московское шоссе, 34; e-mail: renrk@mail.ru

² Самарский филиал Учреждения Российской академии наук Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, 443011 Самара, ул. Новосадовая, 221

Акустика термодинамически неравновесных сред существенно отличается от акустики равновесных сред. В подобных средах возможна инверсия коэффициентов объёмной вязкости и дисперсии, а также наличие сложной зависимости низкочастотного коэффициента гидродинамической нелинейности от степени неравновесности среды. Среды с отрицательной вязкостью являются акустически активными. Эти новые акустические свойства необходимо учитывать при рассмотрении газодинамических явлений [1]. В настоящей работе рассмотрено поведение акустических возмущений в стационарно-неравновесной химически активной газовой смеси с обратимой химической реакцией и внешними источниками химических реагентов и энергии. Для исследуемой модели неравновесной среды определены основные термодинамические и акустические характеристики, найдено дисперсионное соотношение, произведен численный и параметрический анализ акустической устойчивости среды. Найдено выражение для низкочастотного и высокочастотного коэффициента газодинамической нелинейности, проведен их параметрический анализ. Произведен сравнительный анализ полученных результатов с аналогичными результатами для других моделей неравновесных сред.

Работа была частично поддержана НИР ГР 01200805605, аналитической целевой программой <Развитие научного потенциала высшей школы> (2009 - 2010 гг.), проект 2.1.1/309, Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (проекты НК-410П/10(контракт П2315), НК-422Р/22(контракт П2450), контракт 14.740.11.0676) министерства образования и науки Российской Федерации, фондом некоммерческих программ «Династия».

Литература

1. Galimov R.N., Molevich N.E. Journal of Acoustical Society of America, Vol. 123, №5, Pt. 2, 2008 P. 3692.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ И СТРУКТУРЫ ТОНКИХ ПЛЕНОК SiC И AlN С ПРИМЕНЕНИЕМ СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ И РЕНТГЕНОДИФРАКТОМЕТРИИ

Б.А. Билалов, Г.Д. Кардашова, Д.С. Даллаева

Дагестанский государственный технический университет

Отличительная особенность приборов на широкозонных материалах, таких как карбид кремния (SiC) и нитрид алюминия (AlN) – это стабильность их характеристик в экстремальных условиях эксплуатации.

Целью работы являлось получение и установление взаимосвязи в ряду «технологический режим – состав, структура, морфология» на основе детального анализа результатов исследования слоев SiC и AlN методами сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) и рентгенодифрактометрии.

Монокристаллические пленки SiC были получены методом сублимационной эпитаксии в атмосфере аргона [1]. Методами рентгеновской дифрактометрии, электронной микроскопии и СЗМ исследованы структура, состав и морфология пленок. Установлено, что пленки SiC достаточно однородны по площади и объему. Показано, что путем изменения параметров процесса эпитаксии возможно управлять совершенством структуры пленок SiC от аморфной фазы до монокристаллической. По рентгеновским кривым качания установлено, что структурное совершенство пленок SiC, выращенных на подложках карбида кремния, сравнимо с совершенством подложки.

При получении пленок нитрида алюминия ионно-плазменными методами путем распыления алюминиевой мишени в аргон-азотной плазме [2] обнаружено, что нитридизация подложек сапфира приводит к реконструкции поверхности с образованием тонкого переходного слоя от сапфира к AlN, что обеспечивает создание хорошего буферного слоя для последующего роста эпитаксиальных слоев AlN ориентации (0001). Установлено, что при получении AlN методом ионно-плазменного распыления, повышение температуры подложки, независимо от ее материала, стимулирует рост структурного совершенства напыляемого слоя.

Полученные результаты были использованы при оптимизации технологических режимов формирования слоев SiC и AlN с малыми структурными дефектами.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

1. Билалов Б.А., Сафаралиев Г.К., Рашидов И.Х. Устройство для подогрева подложки. Патент на полезную модель № 62113, 2007 г.
2. Сафаралиев Г.К., Билалов Б.А., Гитикчиев М.А., Даллаева Д.С., Магомедова Е.К. Формирование структур Al_2O_3/AlN магнетронным распылением Al в ВЧ активированной плазме азота / В мире научных открытий, 2010, №4 (10), часть 5, стр.23.

СЛАБЫЕ УДАРНЫЕ ВОЛНЫ В ФОТОДИССОЦИАТИВНЫХ ОБЛАСТЯХ

Д.И. Завершинский^{1,2}, Н.Е. Молевич^{1,2}

¹Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П. Королева (национальный исследовательский университет)

²Самарский филиал Учреждения Российской академии наук Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, e-mail: dimanzav@mail.ru

Рассмотрена задача о возникновении периодической последовательности слабых ударных волн в межзвездных средах с тепловой неустойчивостью. Ранее в [1] было показано, что в подобных средах существуют условия, когда среда изобарически устойчива, но неустойчива изоэнтропически. Для исследования нами была выбрана модель фотодиссоциативной области (PDR) малой плотности. Данная модель подробно описана в [2]. Нагрев в таких областях происходит преимущественно за счет фотоэлектрической эмиссии от частиц пыли и полициклических ароматических гидрокарбонатов (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon), а охлаждение происходит за счёт перехода между электронными уровнями иона углерода. Для рассмотренной модельной среды было показано выполнение условия изоэнтропической неустойчивости при изобарической устойчивости. Найдены возможные формы и параметры ударноволновых фронтов. Проведено численное моделирование одномерной системы уравнений газодинамики с учетом нагрева и охлаждения межзвездной среды по модели [2] и показан распад неустойчивой ударной волны на последовательность автоволновых импульсов с разрывными фронтами (Рис.1). Тот же результат получен при численном решении нелинейного акустического уравнения, что подтверждает гипотезу, высказанную в [3].

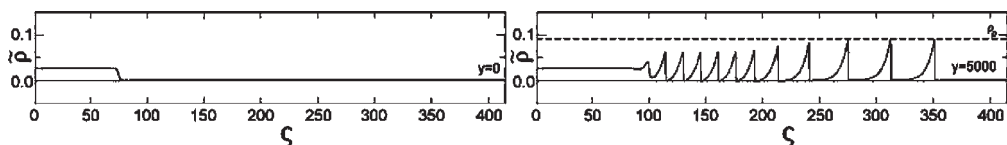


Рис.1. Распад ударной волны на последовательность автоволновых импульсов.

Работа частично поддержана аналитической целевой программой «Развитие научного потенциала высшей школы» (2009 – 2010 гг.), проект 2.1.1/309, Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, НК-410П (38/ No 2315), НК-422П (59/ No 2450) и контракт 14.740.11.0676.

Литература

1. Oppenheimer M., *Astrophys. J.* 1977. V. 211. 400-403.
2. Wolfire, M. G.; Hollenbach, D.; McKee, C. F., *Astrophys. J.*, 2003 V.587, I.1, p. 278-311.
3. Краснобаев К.В., Сысоев Н.Е., Тарев В.Ю. – в сб. *Ядерная физика, физика космических излучений и астрономия*. М.: МГУ-1993. 243 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИК-СПЕКТРОЭЛЛИПСОМЕТРИИ И АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА В РЕЗУЛЬТАТЕ МОДИФИКАЦИИ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЕ

М.О. Макеев, Ю.М. Миронов

МГТУ им. Н. Э. Баумана, e-mail: mc.stiv@gmail.com

Политетрафторэтилен (ПТФЭ) обладает высокими диэлектрическими свойствами, низким коэффициентом трения, термо- и химической стойкостью, но в то же время характеризуется низкими адгезионными свойствами. Это ограничивает его применение во многих отраслях промышленности, например, в микроэлектронике. Для улучшения контактных свойств ПТФЭ применяется метод модификации его поверхности в низкотемпературной плазме. При этом изменениям подвергается наноразмерный поверхностный слой, толщина которого по разным оценкам составляет от 10 до ~ 1000 нм.

В данной работе с помощью методов ИК-спектроскопии и АСМ проведено исследование толщины, оптических констант, химической структуры и шероховатости модифицированного слоя образца ПТФЭ (рисунок), обработанного в разряде постоянного тока на аноде (рабочий газ – воздух, $P=13$ Па, $I=50$ мА, $\tau=60$ с).

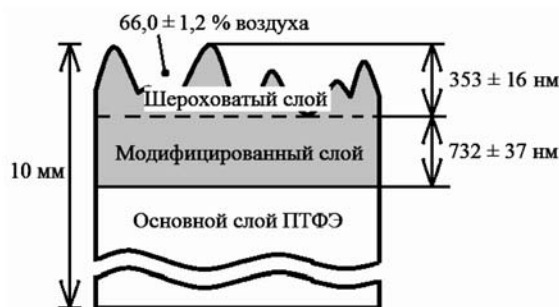


Рисунок. Структура модифицированного ПТФЭ по данным ИК-спектроскопии.

В итоге мы определили, что в результате модификации в плазме толщина шероховатого слоя ПТФЭ уменьшается от 380 ± 19 нм до 353 ± 16 нм, а толщина модифицированного слоя под шероховатым слоем составляет 732 ± 37 нм. Общая толщина модифицированного слоя составляет 1085 ± 37 нм. По данным АСМ для областей 2×2 мкм² значение параметра R_q увеличивается от $8,4 \pm 2$ нм до $10,7 \pm 2$ нм, при этом заметно появление зернистости поверхности. Таким образом, метод ИК-спектроскопии в совокупности с АСМ с успехом применен для исследования изменения свойств поверхности ПТФЭ.

Исследование образцов ПТФЭ (40x50 мм, толщина 10 мм) проводили с помощью эллипсометра IR-VASE (диапазон длин волн от 300 до 4000 см⁻¹, спектральное разрешение 32 см⁻¹, углы падения света на образец 60 и 70°, исследуемая область $\varnothing 6$ мм) и на АСМ нанотехнологического комплекса «Нанофаб-100» (область сканирования 2×2 мкм²).

В итоге мы определили, что в результате модификации в плазме толщина шероховатого слоя ПТФЭ уменьшается от $380 \pm$

МЕТОДЫ СПЕКТРАЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ИСТОЧНИКАХ EUV ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОЕКЦИОННОЙ ФОТОЛИТОГРАФИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В.В. Медведев, В.М. Кривцун

Московский Физико-Технический Институт, e-mail: medvedev@phystech.edu

Проекционная фотолитография, осуществляемая на длине волны 13,5 нм, или EUV-литография представляет большой интерес для дальнейшего развития полупроводниковой микроэлектроники [1]. Одним из наиболее перспективных источников излучения в этой области спектра (EUV) является лазерная плазма [2]. В наиболее перспективных источниках излучателем служат многозарядные ионы олова в плазме, создаваемой импульсным CO₂ лазером (10,6 мкм). Однако, существенная часть излучения лазера рассеивается плазмой и затем отражается от зеркал и попадает в блок проекционной оптики и в область экспонирования фоторезиста. Это приводит к неконтролируемому нагреву оптических элементов, литографической маски и области экспонирования, что критично для процесса фотолитографии. Поэтому на выходе из источника, в области промежуточного фокуса, необходимо осуществлять спектральную фильтрацию излучения.

В данной работе нами исследованы перспективы применения различных спектральных фильтров подавления рассеянного инфракрасного излучения: тонкопленочных фильтров, металлических сеточных структуры. Представлены результаты численного моделирования спектральных характеристик подобных фильтров. Экспериментально исследованы металлические сеточные фильтры, изготовленные методом плазменного анизотропного травления. Также предложено использование EUV отражающих покрытий на основе В₄С/Si пары элементов, прозрачных в инфракрасном диапазоне. Такие покрытия можно использовать для построения просветленных или резонансно поглощающих на длине волны 10,6 мкм зеркал.

Литература

1. V. Bakshi. EUV Sources for Lithography, SPIE, New York, 2006.
2. V. Bakshi. EUV Lithography, SPIE, New York, 2009.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ПОСЛЕ ФОТООБЕСЦВЕЧИВАНИЯ ДЛЯ СИЛЬНО НЕОДНОРОДНЫХ СРЕД: ПРИМЕНЕНИЕ В ИССЛЕДОВАНИИ ДИНАМИКИ ВНУТРИЯДЕРНЫХ БЕЛКОВ ЖИВЫХ КЛЕТОК

Д.Ю. Орлова^{1,2,*}, Е. Bartova², В.П. Мальцев^{1,3},
S. Kozubek², А.В. Чернышёв^{1,3}

¹ Институт химической кинетики и горения, Институтская 3, 630090, Новосибирск, Россия

² Институт Биофизики Чешской академии наук, Kralovopolska 135, CZ-612 65, Брно, Чехия

³ Новосибирский государственный университет, Пирогова 2, 630090, Новосибирск, Россия

* email: lightness21@gmail.com

Метод восстановления флуоресценции после фотообесцвечивания (FRAP) широко используется для исследования динамики белков в живых клетках. Традиционный количественный анализ FRAP требует знание математического решения исходных дифференциальных уравнений с учетом начальных и граничных условий. Однако, существует фундаментальная проблема применения такого подхода для сильно неоднородных сред (например, ядер клеток) с заранее неизвестным пространственным распределением сайтов связывания. Альтернативный подход, развиваемый в данной работе, основан на новом методе обработки видео-FRAP измерений, разрешённых по пространственным координатам и по времени (получаемых с конфокального лазерно-сканирующего микроскопа Leica TCS SP5X High-End System (WLL 405-IR)). При этом метод не требует знания соответствующего математического решения исходных дифференциальных уравнений, не зависит от геометрии области выжигания, профиля выжигающего луча лазера и пространственного распределения сайтов связывания.

В работе проведено теоретическое и экспериментальное исследование динамики гетерохроматиновых белков HP1 \pm , HP1I, HP1i, вовлеченных в процессы транскрипции и трансляции, формирование и поддержание конденсированного хроматина и стабильности генома, процессах репарации двухцепочечных разрывов ДНК на примере двух клеточных систем: фибробласты мышинных эмбрионов Suv39h1/2-/- и Lmna-/-, а также их дикие типы. Изучено влияния ингибитора деацетилирования гистонов на структуру и динамику хроматина на примере гетерохроматиновых белков HP1 \pm , HP1I, HP1i для двух клеточных систем: фибробласты мышинных эмбрионов Suv39h1/2-/- и Lmna-/-, а также их дикие типы.

Результаты данной работы могут быть использованы для мониторинга влияния конкретных противораковых препаратов на отдельные клетки. Она также может стать полезным инструментом для скрининга новых соединений при разработке лекарственных препаратов.

Стендовые доклады

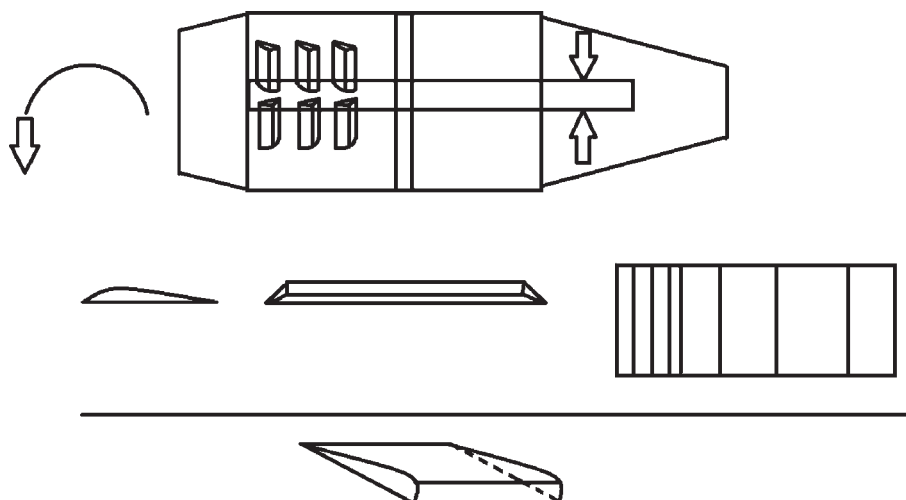
УВЕЛИЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ТУРБОРЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ЛОПАТОК

Д.М. Арсениевич, А.В. Юрьев

«Гимназия № 3», г. Саратов, e-mail: mtb-kosogor@mail.ru

Открытие является воплощением слияния двух законов аэродинамики. Крыло Филлипса работает по принципу разницы давлений в разных точках крыла. То есть на месте нижней кромки давление воздуха высокое, на месте верхней - низкое. Компрессор турбореактивного двигателя состоит из некоторого числа лопаток. Лопатки имеет форму изогнутого листа без искажений. При установке лопаток в форме крыла, то есть лопаток, имеющих форму узкую у задней кромки и широкую у передней, давление в компрессоре возрастет. Форма таких лопаток задает большее давление, нежели обычных. Сгорание смеси происходит в зоне повышенного давления. Давление стабилизируется, так как в камере сгорания давление доведено до наиболее эффективного, а излишнее давление уничтожится за счет уменьшения числа дисков компрессора. Выход полезной энергии: плотность газов увеличится, значит сила тяги возрастет; сгорание топлива пройдет с наименьшими затратами топлива на реакцию, значит экономичность возрастет; часть дисков компрессора будут отсутствовать, а топливо перевозить будет возможно в меньших объемах, значит масса понизится. Эти величины влияют на свойства двигателя, значит, при их изменении в положительную сторону КПД турбореактивного двигателя увеличится.

Точные расчеты приведены в полной версии документа.



ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТНОЙ СРЕДЫ

С.В. Виноградов, С.Г. Моисеев

УлГТУ, e-mail: explicit.axiom@gmail.com

Вследствие зависимости частоты плазмонного резонанса металлической наночастицы несферической формы от ориентации плоскости поляризации световой волны матричные композитные среды, представляющие собой диэлектрик с взвешенными в его объеме ориентационно упорядоченными металлическими наночастицами, обладают свойством дихроичного кристалла. В настоящей работе установлены условия возникновения сильной поляризационной чувствительности пропускательной и отражательной способностей плоскопараллельной пластины из матричного композита с серебряными наночастицами, толщина которой не превышает длины световой волны.

Оптические характеристики композитного слоя с включениями в форме сфероидов вращения и параллелепипедов исследованы с помощью соотношений модели эффективной среды Максвелла-Гарнета и уравнений Эйри, а также с помощью компьютерного моделирования в пакете COMSOL Multiphysics. Установлено, что отражательная и пропускательная способности композитного слоя существенно зависят от поляризации световой волны при объемной доле включений порядка 10% и толщине композитного слоя в пределах 100...150 нм. Из представленных на рис. 1 зависимостей видно, что в широком спектральном диапазоне ($\Delta\lambda > 100$ нм) композитный слой перераспределяет большую долю энергии падающей световой волны между преломленным и отраженным лучами, преимущественно поляризованными во взаимно перпендикулярных плоскостях. Подобные металлодиэлектрические композитные покрытия могут найти применение в качестве сплиттеров и поляризующих фильтров в интегральной оптике.

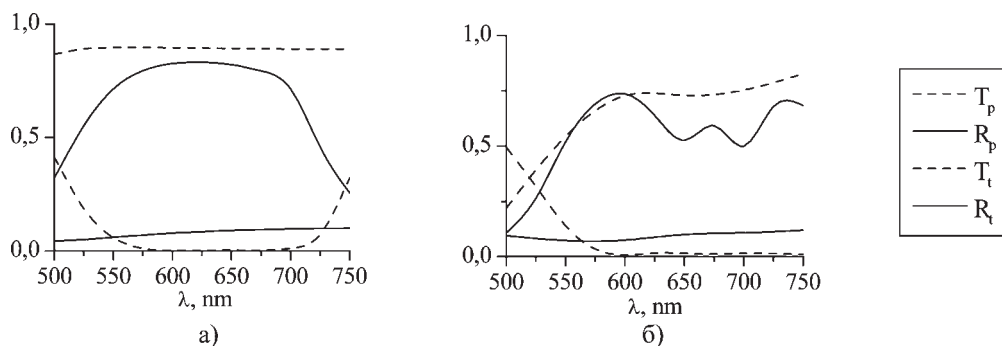


Рис. 1. Отражательная R и пропускательная T способности композитного слоя с включениями в форме наноигол (а) или параллелепипедов (б) для разной поляризации света.

АЛГОРИТМ И ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИНТЕРФЕРОГРАММ, ПОЛУЧЕННЫХ СО СТАТИЧЕСКОГО ФУРЬЕ СПЕКТРОМЕТРА

Иг.С. Голяк*, Ил.С. Голяк*, А.Н. Морозов*

*Кафедра "Физика", МГТУ им. Н.Э. Баумана,
105005, Москва, ул. 2-ая Бауманская д. 5, e-mail: gwynbleidd_85@mail.ru

В данной работе предложены экспериментальная методика и алгоритм обработки интерферограмм, полученных с помощью СФС, позволяющие получать спектры вторичного излучения определенного круга веществ в видимой и ближней ультрафиолетовой областях спектра. Использование процедур первичной обработки изображения позволило избавиться от искажений, вносимых реальной оптической системой, получать адекватные спектры и производить их сравнение со спектрами, полученными ранее.

Предложенный алгоритм сравнения на основе минимизации функции сходства спектров позволяет сравнивать довольно широкополосные спектры (полушириной порядка 10 нм), возникающие при возбуждении фотолюминесценции для широкого круга органических веществ. При этом представленная процедура позволяет с высокой степенью надежности распознавать и идентифицировать такие вещества.

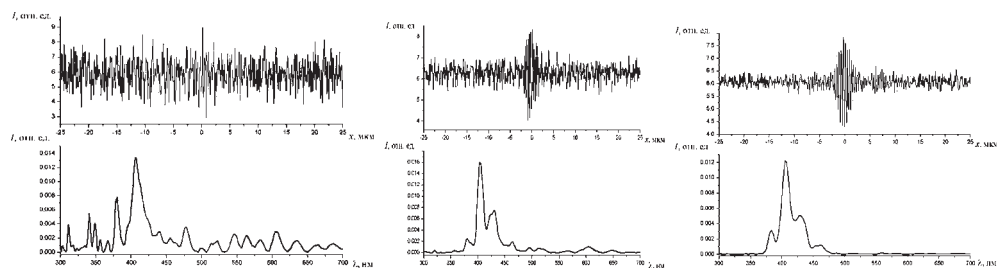


Рис. 1. Пример получения спектров вторичного излучения стильбена при возбуждении излучением светодиода с длиной волны 280 нм. а – при усреднении по 1 кадру, б – при усреднении по 8 кадрам, в – при усреднении по 32 кадрам.

Предложенные методики обработки изображений интерферограмм и спектральных данных реализованы в виде программного комплекса и применяется при обработке интерферограмм, полученных с СФС.

Литература

- Горбунов Г.Г. // Санкт-Петербургский государственный университет технологий, механики и оптики. Научно-технический вестник. 2004. № 13. С. 151-155.
- Светосильные спектральные приборы / Под ред. К.И. Тарасова. М.: Наука, 1988.
- Морозов А.Н., Светличный С.И. Основы Фурье-спектрометрии. Инт-т энергетических проблем хим. физики РАН. М.: Наука, 2006, 275 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНО-УГЛЕРОДНЫХ НАНОДИСПЕРСНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

К.И. Домкин, Б.Л. Свистунов

ПГТА, Пенза, e-mail: ego85@sura.ru

Полимерно-углеродные композиции, широко используемые для изготовления активных элементов самовосстанавливающихся предохранителей (СВП), состоят из непроводящего электрический ток кристаллического полимера и распределенных в нем нано-размерных частиц углерода. Они образуют цепочечную структуру в аморфных областях полимера, обеспечивая проводимость СВП в нормальном режиме работы. Функциональные свойства СВП зависят от выбора исходных материалов, технологии получения и степени сшивки полимерно-углеродного композита.

С целью обеспечения научно-обоснованного выбора исходных материалов были проведены физико-химические исследования изготовленных полимерно-углеродных композитов и композитов СВП. Морфология полимерно-углеродных композитов изучалась методом сканирующей электронной микроскопии с локальным анализом состава рентгеноспектральным методом с энергодисперсионным анализатором. Термический анализ композита показал, высокую наполненность композита и наличие «сшитой» структуры полимера. Фазовый состав и микроструктура материалов исследовались методом рентгеноструктурного анализа.

Исследования фазового состава различных марок углерода показали, что фуллереновая сажа и коллоидно-графитовый препарат марки С2 содержат небольшую примесь аморфной фазы и представляют собой кристаллический графит, а активированный уголь ($S_{уд} = 1500 \text{ м}^2/\text{г}$) и ацетиленовая сажа ($S_{уд} = 200 \text{ м}^2/\text{г}$), в основном, рентгеноаморфны, что обусловлено исключительно малым размером частиц. Целенаправленный, научно-обоснованный выбор исходных материалов на основе проведенных физико-химических исследований полимерных нанодисперсных композиций позволил создать самовосстанавливающиеся предохранители с электрофизическими характеристиками.

Литература

1. А.М. Гаськов, Т.П. Каминская, К.И. Домкин, М.Н. Румянцева, С.В. Подшибякин Физико-химические исследования полимерно-углеродных композиций // Перспективные материалы, 2008, №6, ч.2 - С. 200 - 202.
2. Каминская Т.П., Домкин К.И.. Самовосстанавливающиеся предохранители для автомобильной электроники // Электронные компоненты, 2008. №5 – С. 80 - 82.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ ПРОДУКТОВ ИМПАКТНЫХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ИЗУЧЕНИЕ

Е.С. Егоров, А.Ф. Родин

Московский физико-технический институт, e-mail: geniaegorov@mail.ru

Объекты солнечной системы постоянно подвергаются воздействию ударных процессов со стороны метеоритов различной скорости и массы, что постоянно меняет облик поверхности планеты и ее геологию. В связи с этим представляет значительный интерес получение сходных форм вещества в лабораторных условиях, с целью дальнейшей экстраполяции на крупномасштабные ударные процессы и параметризации геохимических и космохимических моделей.

Для моделирования сверхскоростного метеоритного удара был использован метод лазерного моделирования. В условиях лаборатории близкий к природному плазменный факел можно получить при использовании лазера работающего в режиме импульсной добротности при плотности мощности в пределах от 10^9 до 10^{12} Вт/см². Для создания достаточной мощности лазерный пучок фокусировался на поверхность исследуемого образца. При ударе лазерного пучка по поверхности образца происходило образование плазменного факела. Выброс вещества конденсировался на никелевой фольге, закреплённой под небольшим углом перед образцом. Исходные образцы представляли собой спилы силикатных пород, в состав которых входили андезит, оливин и плагиоклаз. Эксперимент проводился на лазерной установке «Сатурн» на фосфатном стекле.

В результате эксперимента получены образцы фольги с напылениями испарений с разных мишеней: 1. Выстрелы производились по двум зёрнам оливина, в каждое по 5 выстрелов. Средняя энергия импульса 5 Дж. Расстояние до фольги 4,5 см. Источником возбуждения фотоэлектронов служило монохроматическое излучение алюминия.

2. Выстрелы производились по вмещающей породе плагиокласта по 2 точкам по 6-7 выстрелов в каждую. Средняя энергия импульса была 4,8 Дж. Расстояние до фольги 4 см.

По массе выброшенного вещества из мишени определили среднюю температуру плазмы: $T^0 \sim 4,5$ эВ $\sim 50\ 000$ К, что соответствует скорости ионов $u \sim 2,6 \cdot 10^5$ см/с.

В результате эксперимента получили металлическое железо Fe⁰, которого не было в исходном образце. При этом концентрация Fe⁰ увеличивается в направлении вглубь травления. При анализе полученных образцов обнаружено присутствие как нуль-валентного железа, так и восстановленных форм Si⁰, что подтверждает, что реакция диспропорционирования в данном случае имела место.

Экспериментальное подтверждение наличия реакции диспропорционирования при сверхскоростном метеоритном ударе позволяет по новому взглянуть на ранние стадии эволюции планетарного вещества.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НЕЙТРОННОГО ПОЛЯ НА УДЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ ТОПАЗОВ ПРИ ИХ РАДИАЦИОННОМ ОКРАШИВАНИИ НА ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ

Е.Г. Емец, В.А. Варлачев, Е.С. Солодовников

Государственное образовательное учреждение национальный исследовательский томский политехнический университет, физико-технический институт, лаборатория 33, e-mail: emecevgeniy@tpu.ru

В процессе облучения быстрыми нейтронами в материале образца образуются разного рода структурные нарушения, меняющие его свойства, например, улучшают окраски полудрагоценных камней, в частности, топазов. Нейтронное облучение используется для придания топазам различных оттенков синего цвета (от светло-голубого до темно-синего) [1, 2] что повышает их ювелирную ценность.

При нейтронном облучении возникают как простые, так и сложные дефекты (комплексы дефектов) в кристаллической структуре минералов. Простые дефекты (смещенные из узла кристаллической решетки атомы) возникают уже при энергии нейтронов в десятки эВ и приводят к помутнению кристалла, но они отжигаются при термообработке. Комплексы дефектов образуются из простых дефектов тем вероятнее, чем выше плотность простых дефектов. Поэтому вероятность образования сложных дефектов растет с ростом энергии нейтрона и достигает насыщения в дефектообразовании при энергии нейтрона в 1 МэВ. Именно комплексы дефектов образуют электронные и дырочные центры окраски.

При создании радиационной технологии обработки топазов существует три важных фактора, которые необходимо принимать во внимание: производительность, температура облучения и удельная активность обработанных образцов. Производительность модификации минералов, очевидно, зависит от их объема в контейнере, от плотности потока нейтронов и от спектра нейтронов, чем жестче спектр, тем выше дефектообразование и производительность. Повышенная температура облучения может привести как к отжигу некоторых центров окраски, так и к помутнению и растрескиванию кристаллов. Наведенная активность топазов является ключевой проблемой, так как наличие радиоактивности сводит к нулю потребительскую ценность топазов. Она определяется наличием примесей в составе минералов и спектром нейтронов, в котором проходила обработка. Поэтому задачей настоящих исследований являлся поиск условий, позволяющих снизить удельную активность обработанных топазов.

Литература

1. Платонов А.Н., Таран М.Н., Балицкий В.С. Природа окраски самоцветов. – М. «Недра», 1984- 195 с.
2. Элуэлл Д. Искусственные драгоценные камни. – М. «Мир», 1986. 208 с.
3. Михайлов Г.А. Некоторые вопросы теории методов Монте-Карло. - Новосибирск.: Наука, 1974 - 141 с.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ОСНОВАННЫЕ НА ИЗУЧЕНИИ СПЕКТРОВ ТОКОВ ПОЛЯРИЗАЦИИ

М.А. Кисляков, В.А. Чернышев, В.А. Чернов

СмолГУ, г. Смоленск, e-mail: kisljakow@mail.ru

В энергетической отрасли России около 50% мощных силовых трансформаторов выработали свой ресурс. В соответствие с этим возникает необходимость в разработке

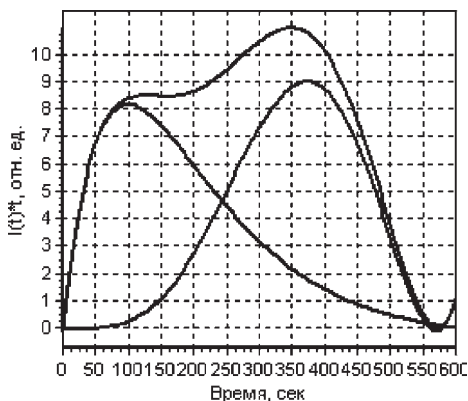


Рис. 1. Спектры поляризации.

Анализируя результаты контроля состояния изоляционных промежутков, приходится иметь дело со спектрами не только сложной структуры, но и меняющими свой первоначальный вид. Интерпретация таких спектров, устанавливающая соответствие вида спектра токов поляризации и степени дефектности структуры, оказывается достаточно сложной. Предлагаемые в работе физические модели основных дефектов, определяющих вид спектра токов поляризации, делают эти спектры пригодными для диагностирования технического состояния.

Проведенные нами на парке трансформаторов филиалов ОАО «МРСК Центра» – «Смоленскэнерго» и «Брянскэнерго» исследования показывают, что предлагаемая методика оказывается достаточно чувствительной к структурным дефектам в изоляции силового трансформатора. Их присутствие отражается в изменении величины максимума функции $I(t) \cdot t$, его смещении вдоль оси времени и появлении дополнительных максимумов.

Литература

1. Чернышев В.А., Чернов В.А., Кисляков М.А. Оценка состояния изоляции силовых трансформаторов на основе исследования поляризационных процессов //Электрика. – 2009. – №12. – С. 26 – 30.
2. H. Matsuura, T. Hase. Graphical peak analysis method for determining densities and emission rates of traps in dielectric film from transient discharge current // Journal of Applied Physics, 2002 Vol. 91, № 4, pp. 2085 – 2092.

методов диагностирования. Предлагаемая в работе [1] методика и ее аппаратное оформление позволяет оценивать состояние изоляционного промежутка на основе изучения процессов поляризации, протекающих в контролируемом промежутке, помещенном в электрическое поле во временном интервале (100 – 600 с), которые содержат всю необходимую информацию о состоянии изоляционного промежутка.

Регистрируемые поляризационные спектры (рис. 1) и выделяемые характерные особенности их по методу [2], позволяют оценивать техническое состояние изоляционной системы.

ОБРАЗОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ СТРУКТУР В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ПУЧКА В ЛАЗЕРЕ С ОТСТРОЙКОЙ ЧАСТОТЫ

Д.А. Анчиков, А.А. Кренц, Н.Е. Молевич

Самарский государственный аэрокосмический университет
(443086 Россия, г.Самара, Московское шоссе, 34),
Самарский филиал Учреждения Российской академии наук Физического
института им.П.Н. Лебедева РАН (443011 Россия, г. Самара, ул. Ново-Садовая,
221), e-mail: krenz86@mail.ru

Работа посвящена исследованию пространственно-временной динамики поперечного профиля оптического поля широкоапертурного лазера с отстройкой частоты генерации от центра линии усиления активной среды. Для моделирования динамики лазера используется распределенная система уравнений Максвелла-Блоха, учитывающая дифракцию на конечной апертуре. Численное решение уравнений в частных производных показало, что существует область лазерных параметров, в которой решением системы уравнений является стационарное во времени и неоднородное по пространству распределение интенсивности в поперечном сечении пучка. Такие решения соответствуют фундаментальной поперечной моде резонатора – простому гауссовому распределению интенсивности в поперечном сечении пучка. Также показано, что существует область параметров, в которой такое решение теряет устойчивость в результате бифуркации Андронова-Хопфа. В этой области параметров наблюдаются волны интенсивности, бегущие поперек лазерной апертуры, как это и предсказывалось в автомодельной системе [1]. Зависимость действительной части комплексной амплитуды поля от времени в фиксированной точке пространства носит двухчастотный квазипериодический характер, что свидетельствует о существовании в системе аттрактора в виде устойчивого двумерного тора. Существуют узкие области параметров, в которых система претерпевает бифуркации удвоения периода. Такие бифуркации приводят к режиму динамического хаоса, характеризуемого полной потерей пространственной и временной корреляции в поперечной структуре оптического пучка.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Федеральной целевой программы “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” на 2009 - 2013 годы, ГК №14.740.11.0703, Аналитической целевой программы “Развитие научного потенциала высшей школы” (2009 - 2010 гг.), проект 2.1.1/309.

Литература

1. Кренц, Н.Е. Молевич Каскад бифуркаций удвоения тора в лазере с отстройкой частоты // Квантовая электроника. – 2009. - №8. – С. 751-756.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФУЗИИ КРЕМНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ НА ОСНОВЕ GaAs МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОЭЛЛИПСОМЕТРИИ

М.О. Макеев

МГТУ им. Н. Э. Баумана, e-mail: mc.stiv@gmail.com

В наноразмерных полупроводниковых гетероструктурах (ГС) во времени происходит межслойная диффузия. Этот процесс, скорость которого зависит от наличия структурных дефектов, внутренних механических напряжений и таких внешних факторов, как давление, температура, электрическое поле, радиация и др., обуславливает деградацию электрических характеристик наноэлектронных приборов на основе рассматриваемых ГС.

Объектами исследования служили наноразмерные полупроводниковые ГС на основе GaAs: GaAs (200 нм)/GaAs (подложка 450 мкм) и GaAs (20 нм)/n-GaAs (концентрация Si – $2 \cdot 10^{17}$ 1/см³) (100 нм)/GaAs (300 нм)/GaAs (подложка 450 мкм).

Исследование физико-химических свойств образцов проводилось на ИК-спектроэллипсометре IR-VASE в диапазоне длин волн от 300 до 3000 см⁻¹ при спектральном разрешении 4 см⁻¹ и углах падения излучения на образец 55°, 60°, 65°, 70°, 75° и 80°. Построение эллипсометрических моделей выполняли в программной среде WVASE 32. Термическую обработку образцов для ускорения диффузии Si проводили на установке Platit A-80 при давлении $p = 10^{-4}$ Па и температуре 530 °С в течение 2 ч. Теоретическое моделирование процесса диффузии Si показало, что значения толщин переходных слоев могут составлять от 6 нм (по модели Гёсселя-Тана) до 36 нм (по литературным данным).

Верхний шероховатый слой	14,2±0,6 нм
Эпитаксиальный слой GaAs	13,3±1,8 нм
Градиентный слой	6,4±14,2 нм
n-GaAs легированный Si ($2 \cdot 10^{17}$)	80,2±2,1 нм
Градиентный слой	26,2±10,8 нм
Эпитаксиальный слой GaAs	312,6±17 нм
Подложка GaAs	0.45 мм
Нижний шероховатый слой	1475±10 нм

Рисунок. Структура ГС с Si-легированным слоем GaAs после термической обработки.

В ходе работы разработана методика эллипсометрических исследований диффузии в ГС на основе GaAs, созданы оптические модели собственного и Si-легированного GaAs. Определены толщины градиентных (переходных) слоев, возникших в результате диффузии Si в выше- и нижележащие слои GaAs после термической обработки образцов в течение 2 часов при $T = 530^\circ\text{C}$, а также выявлено изменение шероховатости поверхности. Толщины переходных слоев составили $26,2 \pm 10,8$ нм и $6,4 \pm 14,2$ нм.

ВОЗМОЖНОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МАЛОГАБАРИТНОГО МИКРОТРОНА ТРЕХСАНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

А.А. Бондусь, Р.В. Максимов, Д.В. Мутасов,
В.П. Степанчук, В.П. Горбачёв

СГУ, НИИЕН, лаборатория ядерной физики и ускорителей, e-mail: mrv333@rambler.ru

Важной целью в освоении трехсантиметрового диапазона является создание малогабаритных транспортабельных микротронов. Одним из возможных путей улучшения массогабаритных характеристик классических микротронов является создание совмещённых систем СВЧ генератор – ускоряющий резонатор, в которых ускоряющий резонатор является частью анодного блока генератора либо связан с ним непосредственно. Также большую роль в улучшении массогабаритных характеристик микротрона играет уменьшение размеров магнита.

В работе представлены результаты исследования переходных процессов высокочастотной системы компактного микротрона трехсантиметрового диапазона на основе моноблока магнетрон – ускоряющий резонатор [1] и результаты исследования магнитной системы на основе постоянных магнитов, выполненных из Nd-Fe-B [2].

Во всех существующих классических микротронах ведущее магнитное поле создаётся электромагнитами броневого типа, как было предложено в. Их главные недостатки большой вес, затраты мощности для питания, необходимость стабилизации тока, необходимость охлаждения водой или сжатым воздухом. Постоянные магниты лишены указанных недостатков и выгодно отличаются высокой надёжностью. С помощью программы Poisson были проведены расчеты магнитной системы микротрона трёхсантиметрового диапазона на основе постоянных магнитов, выполненных из Nd-Fe-B. Они показали, что минимально возможное расстояние между внешней стенкой обратного магнитопровода и областью однородного ведущего магнитного поля микротрона порядка 20 мм. Это примерно половина длины волны в трёхсантиметровом диапазоне. Поэтому рассматривается соединение анодного блока магнетрона и ускоряющего резонатора микротрона устройством связи, длина которого не короче половины длины волны колебаний.

Литература

- [1] Бондусь А.А., Горбачев В.П., Степанчук В.П. /Переходные процессы в моноблоке магнетрон ускоряющий резонатор микротрона. //Вестник СПбГУ. 2008 Сер. 10, вып. 3, С. 34-41.
- [2] Максимов Р.В., Мутасов Д.В., Степанчук В.П. / Магнитная система моноблока магнетрон-ускоряющий резонатор микротрона // The Fourteenth Int. Workshop Beam Dynamics & Optimization. St. Petersburg State University. 2007. July. 3-6 Saint-Petersburg. 2007- P-32.

СОВМЕЩЕННАЯ МАГНИТНАЯ СИСТЕМА МАГНЕТРОН-МИКРОТРОН

Р.В. Максимов, В.П. Степанчук

СГУ, НИИЕН, лаборатория ядерной физики и ускорителей, e-mail:
mrv333@rambler.ru

Современные магнитные материалы, основанные на редкоземельных металлах, такие как Nd-Fe-B, благодаря высокой внутренней энергии позволяют создавать компактные, малогабаритные магнитные системы [1]. В работе была сделана попытка объединить магнитную систему микротрона и магнетрона. На первый взгляд данная задача кажется неосуществимой, ведь магнитное поле магнетрона более чем в 2 раза больше поля микротрона. Был проведен математический эксперимент, который выявил возможность создания такой системы. В качестве магнетрона был взят импульсный магнетрон МИ-505 [2]. Величина ведущего магнитного поля которого составляет 0,4-0,5 Т, неоднородность в пределах 1%-4%, ширина рабочей области-10 мм, высота рабочей области –13 мм. Величина неоднородности магнитного поля магнетрона и малые размеры рабочей области (по сравнению с микротроном) значительно упрощают поставленную задачу. Проведен анализ динамики ускоренных частиц микротрона в нелинейном магнитном поле при наличии магнитной системы магнетрона и в отсутствии ее. На основе этих данных была предложена совмещенная магнитная система магнетрон-микротрон.

Литература

- [1] Максимов Р.В., Мутасов Д.В., Степанчук В.П. / Магнитная система моноблока магнетрон-ускоряющий резонатор микротрона // The Fourteenth Int. Workshop Beam Dynamics & Optimization. St. Petersburg State University. 2007. July. 3-6 Saint-Petersburg. 2007- P-32.
- [2] Бондусь А.А., Горбачев В.П., Степанчук В.П. /Переходные процессы в моноблоке магнетрон ускоряющий резонатор микротрона. //Вестник СПбГУ. 2008 Сер. 10, вып. 3, С. 34-41.

ИНДУЦИРОВАННОЕ ПОЛЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВИБРАТОРА ВБЛИЗИ ПРОВОДЯЩЕГО ЭКРАНА, КАК ЭФФЕКТИВНОГО ИНИЦИАТОРА СВЧ РАЗРЯДА

П.Б. Лавров, А.А. Раваев, Л.П. Грачев, И.И. Есаков

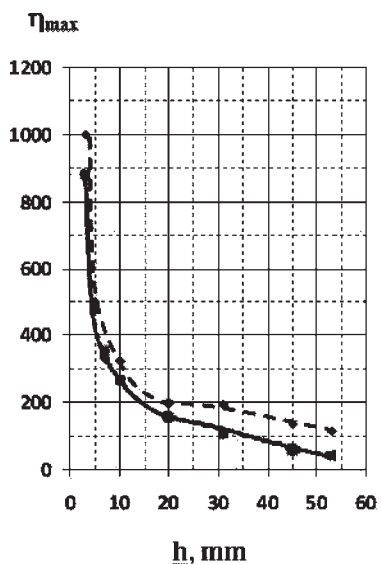
ФГУП «Московский радиотехнический институт РАН»,
Москва 117519, Варшавское ш., 132, e-mail: lpbmos@gmail.com

Представлены результаты численного моделирования индуцированного поля цилиндрического электромагнитного (ЭМ) вибратора, возбуждаемого в поле плоской ТЕМ волны, вблизи проводящего экрана-отражателя. Получены зависимости коэффициента усиления поля · «полуволнового» ЭМ вибратора со сферическими концами от его общей длины $2L$. Показано, что индуцированное (результатирующее) поле E_1 вибратора максимально у его концов, зависимость амплитуды поля $E_1(L)$ носит выраженный резонансный характер, а величина коэффициента · может достигать очень больших значений.

Выявлено, что вопреки традиционным представлениям величина индуцированного ЭМ поля такого резонансного вибратора (при $2L \sim \lambda/2$) резко возрастает с приближением его к экрану на расстояние $h < \lambda/4$. Одновременно сильно растет добротность эквивалентного колебательного контура вибратора, а индуцированное ЭМ поле все в большей степени локализуется между обращенной к экрану поверхностью вибратора и экраном.

Натурные эксперименты, выполненные при размещении вибратора с экраном в поле квазиоптического СВЧ пучка, качественно и количественно подтвердили теоретические выводы. На рисунке справа приведены теоретическая (сплошная линия) и экспериментальная (пунктирная линия) зависимости коэффициента усиления поля η на полюсах вибратора резонансной длины от его расстояния до экрана h .

Полученные результаты позволяют существенно расширить возможный диапазон применения рассмотренных ЭМ вибраторов в качестве инициаторов СВЧ электрического пробоя газов высокого давления в квазиоптических пучках с малой амплитудой исходного поля падающей электромагнитной волны.



ОПТИЧЕСКАЯ И РЕНТГЕНОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ МИКРОВОЛНОВОГО ЭЦР-РАЗРЯДА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

В.В. Андреев, М.А. Корнеева, А.А. Новицкий,
А.М. Умнов, Д.В. Чупров

Российский университет дружбы народов, каф. экспериментальной физики,
e-mail: temple18@mail.ru

Целью проведенных исследований являлось изучение свойств и особенностей плазмы-инъекции, создаваемой в магнитной ловушке пробочного типа в условиях электронного циклотронного резонанса (ЭЦР), для разрабатываемого экспериментального стенда, совмещающего в себе функции инжектора и ускорителя электронов плазмы на основе оригинального метода – гиромангнитного авторезонанса (ГА) [1].

Ввиду необходимости экспериментальной верификации основных теоретических положений ГА [2] и оптимизации работы плазменного ускорителя были выполнены систематические экспериментальные исследования по изучению параметров исходной плазмы (плазмообразующий газ – Ar) при изменении разрядных условий: давления ($1 \cdot 10^{-5}$ – $1 \cdot 10^{-4}$ Торр), мощности СВЧ (0,7 – 2,5 кВт) и топологии ЭЦР поверхности. Проведено экспериментальное изучение электромагнитного излучения плазмы: интегральных характеристик излучения, спектрального состава, распределения интенсивности по длинам волн в видимом (280 – 550 нм) и в рентгеновском (1 – 60 кэВ) диапазонах. Полученные результаты позволили определить спектр изменения плазменных параметров в указанном диапазоне поддержания разряда. Показано, что генерируемая плазма является сильнонеравновесной. Выяснено, что в зависимости от рабочих параметров в разряде имеет место наличие до трех групп электронов: холодных, теплых и горячих, сильно разнесенных по энергетическому спектру, что свидетельствует о разных процессах их взаимодействия с полем СВЧ-волны. Рентгенограммы, полученные с помощью CCD-камеры, позволили определить зависимость пространственной локализации горячей электронной компоненты плазмы при изменении разрядных условий.

Обнаружено, что исходные параметры плазмы инъекции влияют на процесс авторезонансного ускорения электронов. Полученные результаты позволят определить зависимость эффективности захвата в режим ГА от пространственных, временных и энергетических характеристик плазмы инъекции и рабочих параметров: скорости нарастания магнитного поля и напряженности электрического поля СВЧ-волны.

Работа выполнена в рамках ГК №П23-13 ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

Литература

1. Andreev V.V., Golovanivsky K.S. Physics Letters 1984 v.100A, 7 p. 357-359.
2. Andreev V.V., Umnov A.M. Plasma Sources Sci. Technol. 1999, v. 8, p. 479-487.

КОНТРОЛЬ УРОВНЯ РАСПЛАВА НА ПРИМЕРЕ РОСТА $YAG:Nd^{3+}$ ПО МЕТОДУ ДВОЙНОГО ТИГЛЯ

Б.В. Игнатьев, А.В. Лебедев, П.Г. Плаутский

Кубанский государственный университет, кафедра физики и информационных систем, e-mail: plautskiy@gmail.com

При выращивании монокристаллов с подпиткой методом двойного тигля (модернизированный метод Чохральского, см. [1]), возникает проблема поддержания постоянного уровня расплава во внутреннем тигле (реакторе). Предложенный нами способ взвешивания внутреннего тигля и анализ кривой веса в программе управления ростовым процессом (SCADA-система), позволяющий оценить изменение высоты расплава и скорректировать в реальном времени параметры подпитки. Информация об изменении веса как растущего кристалла, так и расплава в реакторе, позволяет контролировать в процессе роста массоперенос вещества в системе тигель-реактор, в отличие от предлагаемых ранее ростовых методов, в которых параметры подпитки моделировались аналитически, исходя из идеализированных физических и геометрических характеристик системы, без учета свойств расплава не поддающихся количественной оценке (таких как степень смачиваемости расплавом материала тигля и поверхностное натяжение препятствующее перетеканию расплава через отверстие), вносящих существенное отклонение расчетных и реальных параметров ростовой системы. В настоящее время изучается возможность применения данной методики для выращивания алюмоиттриевого граната с профилированной концентрацией неодима [3]. В ходе экспериментов были получены кристаллы граната в которых, проанализировав поведение кривой веса реактора, удалось обеспечить начальные относительные положения уровней расплава в обоих тиглях, ранее оцениваемые визуально. В процессе роста, характер кривой во время подпитки (поднятия внешнего тигля) достаточно сложен и не постоянен (отношение изменения веса ко времени при постоянной скорости поднятия), что усложняет поиск предела изменения веса, а значит уровня расплава, тем самым требуя дальнейших исследований и экспериментов.

Литература

1. Игнатьев Б.В. SCADA-система для моделирования процессов выращивания монокристаллов по методу Чохральского. // Тезисы докладов XIV Всероссийской конференции «Оптика и спектроскопия конденсированных сред», Краснодар, 2008, с.107-108.
2. Игнатьев Б.В., Аванесов С.А., Лебедев А.В., Плаутский П.Г., Саакян А.В. Исследование концентрационно-профилированного монокристалла алюмоиттриевого граната с неодимом. // Тезисы докладов XVI Всероссийской конференции «Оптика и спектроскопия конденсированных сред», Краснодар, 2010, с.133-135.

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ПЛАЗМЕННОГО ЭМИТТЕРА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ИНЖЕКТОРА ДЛЯ СТЕЛЛАРАТОРА Wendelstein 7-X

И.А. Прохоров, И.В. Шиховцев

Новосибирский Государственный Университет, e-mail: Ivan.A.Prokhorov@gmail.com

В ИЯФ СО РАН им. Будкера разрабатывается диагностический инжектор атомов для стелларатора Wendelstein 7-X (Институт Физики Плазмы им. Макса Планка, Грайфсвальд, Германия). Данный инжектор должен формировать водородный пучок с энергией 60 кэВ, эквивалентным током атомов с полной энергией до 2,5 А и длительностью до 10 сек. Для создания плазмы в ионном источнике инжектора будет использован плазменный эмиттер, основанный на высокочастотном разряде. Эмиттер должен удовлетворять высоким требованиям к однородности потока и массовому составу плазмы, а также иметь эффективную систему охлаждения.

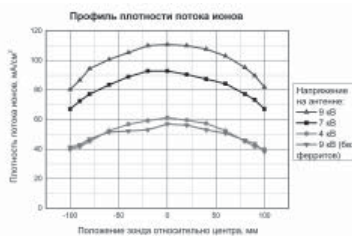


Рисунок 1

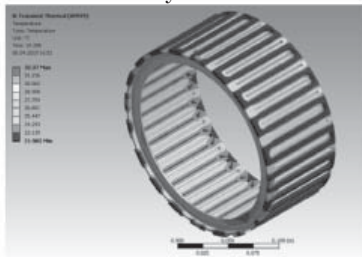


Рисунок 2

Отличительной особенностью данного эмиттера является наличие конструктивной конической расширителя с магнитной стенкой. Использование расширителя должно улучшить массовый состав (увеличить содержание компоненты H^+) за счет генерации более плотной плазмы с более высокой степенью ионизации в меньшем объеме и дальнейшего уменьшения плотности в расширителе до требуемой величины.

На основании полученного ранее профиля плотности тока для прототипа данного эмиттера [1] было решено увеличить диаметр плазменной камеры с 14,5 см до 18 см и уменьшить длину магнитной стенки расширителя в два раза для достижения требуемой плотности тока ($\sim 120 \text{ мА/см}^2$) и однородности профиля ($\pm 10\%$). Зависимость профиля плотности потока ионов от величины напряжения на антенне представлена на рисунке 1.

Поглощаемая высокочастотным разрядом мощность составляет $\sim 13 \text{ кВт}$. Большая часть этой мощности уносится заряженными частицами плазмы на стенки камеры. Задача защиты керамической стенки плазменной камеры от тепловых нагрузок, была решена установкой водоохлаждаемого фардеевского экрана. При его проектировании были проведены численные расчеты тепловых нагрузок, на рисунке 2 представлено распределение температуры на поверхности фардеевского экрана после десятисекундного импульса. Для уменьшения потерь плазмы на заднем фланце камеры были установлены постоянные магниты.

Литература

1. RF plasma emitter of diagnostic neutral beam injector for the W7-X stellarator, I.V. Shikhovtsev, I.I. Averbukh, A.A. Ivanov, V.V. Mishagin, A.A. Podyminogin. Fusion Engineering and Design 82 (2007) 1282–1286.

МОДИФИКАЦИЯ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ ЦИРКОНИЕВОГО СПЛАВА Э110

Н.С. Пушилина, О.М. Степанова

Томский политехнический университет, e-mail: pushilina@tpu.ru

В настоящее время одним из перспективных методов обработки поверхности материалов является импульсная электронная обработка, позволяющая существенным образом модифицировать приповерхностные слои металла, практически не изменяя структурно фазового состояния основного объема изделия. На сегодняшний день имеется большой массив экспериментальных данных по исследованию по модифицированию структуры и свойств, вызванных действием импульсным электронным пучком на металлы и сплавы. Однако, влияние водорода на эти объекты в настоящее время малоизученно. Вместе с тем, такие исследования представляют научный интерес с точки зрения установления общих закономерностей взаимодействия водорода с модифицированной поверхностью сплавов, а также имеют практическое значение для отработки методов снижения вероятности гидридообразования в конструкционных материалах атомных реакторов. В настоящей работе исследовано влияние модифицирования импульсным электронным пучком на процесс поглощения водорода сплавом Э110.

Согласно результатам моделирования слой материала толщиной порядка длины пробега электронов очень быстро нагревается до температуры фазовых переходов. Расчетная максимальная температура поверхности во время облучения составила 3250 К. При этом, глубина расплавленного слоя составляет порядка 10 мкм, что согласуется с данными растровой электронной микроскопии поперечных шлифов облученных образцов. По окончании импульса пучка нагретый слой быстро охлаждается с максимальной скоростью $\sim 10^8$ К/с в тонком поверхностном слое толщиной около 1 мкм. Экспериментально установлено, что в поверхностном слое происходит изменение дефектной структуры металла и повышение (почти в 2 раза) твердости сплава Э110. Вместе с тем импульсное электронное облучение (при рассматриваемых режимах) приводит к незначительному снижению пластичности с одновременным увеличением предела прочности образцов.

Модифицирование поверхности импульсным электронным пучком приводит к снижению скорости сорбции и количества поглощенного водорода циркониевым сплавом. В результате модификации поверхности сплава Э110 импульсным электронным пучком происходит существенное снижение скорости поглощения водорода. Так минимальная величина сорбции при 450 °С составляет $1,5 \text{ см}^3 \text{ H}_2/\text{с}\cdot\text{см}^2$, максимальная – $6,0 \text{ см}^3 \text{ H}_2/(\text{с}\cdot\text{см}^2)$ при $T = 600$ °С, что, соответственно, в 2 и в 9 раз ниже по сравнению с исходным материалом.

СИСТЕМЫ МАГНИТОСТАТИЧЕСКИ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ МИКРОПРОВОДОВ И НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

В.В. Родионова, Н.С. Перов

Физический факультет МГУ, e-mail: rodionova@magn.ru
119991 Москва ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 2

Аморфные ферромагнитные микропровода в стеклянной оболочке проявляют уникальные различные магнитномягкие свойства. Так, коэрцитивная сила микропроводов из сплавов на основе Со может достигать 4 А/м, а для микропроводов из сплавов на основе Fe характерно магнитнобистабильное поведение. Широкий спектр свойств аморфных ферромагнитных микропроводов делает их перспективными для многих применений. Используя системы взаимодействующих бистабильных микропроводов, как было показано в работе [1], можно создать многобитовую метку для замены существующих оптических аналогов («штрих-кодов»).

Настоящая работа посвящена исследованию магнитных свойств систем из микропроводов разных составов (такие системы исследовались впервые) с целью определения влияния параметров системы на процессы ее перемагничивания, и изучению спектра сигнала, индуцируемого в приемной катушке при перемагничивании системы микропроводов переменным магнитным полем.

Установлено, что взаимодействия в системе перемагничивающихся микропроводов, содержащей Fe-микропровода, приводят к периодическому изменению амплитуды нечетных гармоник с увеличением их номера. Период изменения зависит от величины взаимодействия и качественно согласуется с полученным аналитическим выражением для коэффициентов разложения в ряд Фурье. Изменение магнитных параметров и величины взаимодействия микропроводов приводит к значительному изменению спектров индуцируемых ими сигналов.

Результаты исследований могут быть положены в основу разработки новых магнитных меток с программируемым откликом, а так же при создании систем кодирования и идентификации информации.

Литература

1. Zhukov A. Glass-coated magnetic microwires for technical applications, Journal of Magnetism and Magnetic Materials.–2002.–V.242-245.–Part I.–P.216-223.

СВЧ-ПЛАЗМОТРОН ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

К.Д. Смирнов, А.В. Прокопенко

НИЯУ МИФИ, e-mail: kostya_smirnov@inbox.ru

Разработан СВЧ-плазмотрон атмосферного давления с мощностью питания 600 Вт на частоте 2450 МГц. Выполнен обзор работ по конструкциям СВЧ плазмотронов и анализ различных рабочих камер СВЧ плазмотронов. В качестве эффективной рабочей камеры выбран цилиндрический резонатор с колебаниями типа E_{010} оснащенный штыревой системой. Используя аналитические и численные методы, рассчитана и оптимизирована рабочая камера на основе цилиндрического резонатора с аксиально-симметричным штырем. Исследована возможность возникновения пробоя вне области разрядной кварцевой трубки. Проведен расчет ширины индуктивного окна связи резонатора с прямоугольным волноводом. Разработана конструкция рабочей камеры, выполнено исследование электродинамических характеристик на малом уровне СВЧ-мощности и проведена её настройка на резонансную частоту и коэффициент связи. Разработана система продувки плазматрона воздухом с регулируемым расходом от 1,2 л/с до 3,5 л/с. Проведены запуск и экспериментальные исследования СВЧ-плазмотрона на высоком уровне мощности. При работе СВЧ-плазмотрона образуется факел плазмы высотой 2,5 см – 3 см. Измеренные характеристики электромагнитного излучения при работе на высоком уровне СВЧ мощности показали безопасность плазмотрона. Разработанный плазмотрон предполагается использовать для исследования процессов бактерицидной обработки поверхности стеклянной и полимерной упаковочной тары используемой в пищевой промышленности.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых кандидатов наук МК-1437.2009.8.

ДИНАМИКА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ В МОДЕЛЯХ АГЕНТНОГО ТИПА НА ПРИМЕРЕ ФОНДОВОГО РЫНКА

А.А. Стеряков, А.П. Зубарев

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет),
e-mail: lubopitnij@mail.ru

Математическое моделирование сложных систем, которыми являются и фондовые рынки, и другие финансовые сферы, всегда сопряжено с трудностями. Классические модели, выполненные в рамках статистического подхода, или описывающие глобальную динамику системы с помощью систем дифференциальных уравнений, часто бывают некорректными или дают слабо приближенные к реальности результаты по ряду причин, среди которых и многочисленные приближения в описании данных явлений, и предположения о существовании типичного агента, обладающего полной информацией и рациональным поведением. Альтернативой является новый класс моделей, описываемых в последние годы в работах, которые можно объединить под общим названием «модели агентного типа» [1].

Целью предлагаемой работы является имитация процесса торговли на реальной бирже в рамках агентного моделирования, или микроскопической симуляции [2, 3]. Преимущества данного подхода проявляются в ситуациях, когда логичнее описывать сложную систему, как множество индивидуальных, взаимодействующих друг с другом элементов, что имеет место в случае фондовых рынков.

Основной результат работы заключается в разработке математической модели, порождающей систему с полностью самоподдерживающимся процессом взаимной торговли между агентами. Устанавливаемая динамика данной системы зависит только от внутренних параметров биржи, а статистические характеристики порождаемых временных рядов хорошо согласуются с реальными аналогами. Кроме того спроектирована программа-симулятор, реализующая разработанную модель агентного типа, предоставляющая набор инструментов для детального изучения модели, а также позволяющая вводить в систему пользовательского агента, тем самым оказывая влияние на систему, исследовать её реакцию и использовать программу в качестве простейшего биржевого тренажера.

Литература

1. Brock, W. and Hommes, C. Heterogeneous beliefs and routes to chaos in a simple asset pricing model // Journal of Economic Dynamics and Control, v. 22, P. 1235–1274, 1998.
2. M. Levy, H. Levy, and S. Solomon. A microscopic model of the stock market: Cycles, booms, and crashes / Economics Letters, v. 45, P. 103–111, 1994.
3. M. Levy, H. Levy, and S. Solomon. Microscopic Simulation of Financial Markets: From Investor Behavior to Market. - New York: Academic Press, 2000. 300 p.

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЭНТРОПИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

И.А. Шарай, Е.Н. Тумаев, С.А. Онищук

Кубанский государственный университет,
350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская 149, e-mail: Ivan0017@mail.ru

На данный момент не проводились достаточных исследований, направленных на изучение влияния, которое оказывают болезни на уровень энтропии. Поэтому, целью данной работы является исследование изменений значений энтропии при заболеваниях крови.

В ходе работы были рассчитаны значения энтропии для ряда показателей крови при разных заболеваниях. Плотность вероятности показателей аппроксимировалась распределением $p_4(x)$, использовавшимся в вероятностной диагностике [1].

Энтропия, определенная с помощью соотношения $S = -\int p_4(x) \log_2 p_4(x) dx$, для данного распределения вычислялась по формуле:

$$S = -\frac{1}{\ln 2} \left[\ln \frac{n \left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{1}{n}}}{\Gamma\left(\frac{m+1}{n}\right)} + \frac{m}{n} \psi\left(\frac{m+1}{n}\right) - \frac{m+1}{n} \right]$$

Наибольший коэффициент корреляции был получен для значений энтропии и показателя МСН, равный 0,79. Также прямая взаимосвязь наблюдается для уровня эритроцитов, коэффициент корреляции которой равен 0,40. В тоже время для показателей WBC и PLT коэффициенты корреляции соответственно равны -0,55 и -0,58.

Из приведенных выше результатов естественно предположить, что изменения в показателях крови, вызываемые этими болезнями, могут оказывать как прямое, так и обратное влияние на энтропию организма

В ходе проведенной работы были рассчитаны значения энтропии показателей крови при различных заболеваниях и проведен корреляционный анализ между полученными значениями и показателями крови.

Литература

1. Барановская И.Б., Онищук С.А. Система распознавания патологий эритропоэза на основе вычислительных процедур// Врач и информационные технологии. – 2008. – № 6. – С. 53-62.

НАГРЕВ И СПЕКАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ ПОРОШКОВ В СВЧ-РЕЗОНАТОРЕ

Л.С. Яшина, А.П. Анзулевич, Л.Н. Бутько, И.С. Зотов,
В.Д. Бучельников, И.В. Бычков

ГОУ ВПО «Челябинский государственный университет», физический факультет,
кафедра физики конденсированного состояния, кафедра радиофизики и
электроники, e-mails: yls-2010@mail.ru, anzul@list.ru

В последнее время значительно вырос интерес к изучению явления нагрева порошков различных металлов СВЧ-излучением. В отличие от традиционного конвекционного нагрева СВЧ-нагрев обладает следующими преимуществами: энергосбережение и экономия времени, высокая скорость нагрева, значительно сокращённое время цикла обработки и меньшие температуры, мелкозернистая микроструктура и улучшенные механические свойства, оптимальные эксплуатационные характеристики и т.д. Однако, механизмы СВЧ-нагрева металлосодержащих порошков до сих пор чётко и ясно не описаны. Использование СВЧ-энергии для спекания металлических порошков приводит к объёмному, равномерному нагреву и позволяет получать изделия с улучшенными физико-механическими свойствами.

В рамках данной работы проведён ряд теоретических и экспериментальных исследований по нагреву порошков металлов, смесей порошков металлов между собой и с порошками полимерных соединений. Методом СВЧ-спекания получены изделия сложной формы с улучшенными механическими и электродинамическими свойствами. Предложена приближённая теоретическая модель для расчёта СВЧ-нагрева металлического порошка. Каждая металлическая частица покрыта тонкой оболочкой окисла. Чтобы учесть влияние этой оболочки на эффективные диэлектрическую и магнитную проницаемости будем использовать приближение эффективной среды. Кроме того, для учёта скин-эффекта при вычислении диэлектрической и магнитной проницаемостей малой сферической проводящей частицы используется теория Ми. Для расчёта электрического и магнитного полей, проникших в объём металлического порошка, используется метод матриц переноса. Для построения кривых нагрева металлосодержащих композиционных порошков необходимо решить уравнение теплопроводности с источниками тепла в виде поглощаемого образцом СВЧ-излучения. Кроме того, необходимо рассчитать эффективный коэффициент теплопроводности для таких порошков с учётом образования слоя окисла на поверхности каждой металлической частицы.

Полученные закономерности позволят создать и отработать технологические схемы по СВЧ-нагреву и спеканию порошков металлов и композитных проводящих материалов в изделия нужной формы, с необходимыми механическими и электромагнитными характеристиками, при минимальных затратах энергии и времени.

ИННОВАЦИИ

ИНТЕРАКТИВНАЯ ОБОЛОЧКА ДЛЯ АДАПТИВНОГО ГРУППОВОГО ОБУЧЕНИЯ

Я.Ю. Богородский

Пензенская Государственная Технологическая Академия, e-mail: juster1987@mail.ru

Краткое описание проекта: В современной школе наиболее жаркие споры возникают по проблеме использования компьютера на уроках физики. Диаметрально противоположные точки зрения: категоричное неприятие ИКТ на уроке и полное поглощение компьютером процесса обучения. Естественно, необходим поиск гармонии, состоящей в сочетании традиционных и инновационных форм обучения. Наиболее актуальное направление поиска путей интеграции компьютера и ИКТ на урок – это использование компьютерных моделей физических процессов, приборов, установок на различных этапах уроках, преследующих определенные дидактические цели. Ведущими методистами сформулированы принципы, на которых должно быть основано использование компьютерных моделей на уроках физики.

В настоящее время у учителя нет недостатка в программно-педагогических средствах содержащих компьютерные модели физических процессов. Многообразие последних можно представить в виде двух групп: «готовые» модели с управляемыми параметрами и «самодельные» модели. Использование моделей первого типа наиболее популярно в учительской среде как с технической точки зрения, так и с позиций затрат временного ресурса. Однако структура и свойства модели не могут отвечать индивидуальному стилю преподавателя, и ему приходится подстраивать урок под модель. В самом плохом случае использование модели на уроке может стать целью, а не средством. Модели второго типа конечно же органичнее впишутся в урок, будут индивидуальными, но их создание и качество обусловлено наличием у учителя соответствующих компетенций.

Сказанное выше определяет основную цель исследования – разработка методических рекомендаций по созданию и использованию компьютерных моделей на уроке физики. Для реализации данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить компьютерные модели ППС «Открытая физика».
2. Разработать методические рекомендации по использованию моделей на уроке.
3. Разработать методические рекомендации по использованию моделей проектной среды «Живая физика».
4. Разработать и создать интерактивную оболочку для обучения пользователя «Живой физики».

Главная форма программной оболочки (Рис. 1) содержит в себе несколько элементов: 5 тематически сформированных модулей, в состав которых входит текстовый вариант электронного учебника индивидуальный для каждого модуля, видеоролики уникальные для каждого раздела модуля и тренировочные задания.

Вид главной формы оболочки



Рис. 1.

Структура учебника более чем превосходит бумажный вариант учебника, т.к. в ней присутствуют методически сформированные тематические модули, содержащие как электронный вариант текстового учебника, так и видеоматериалы по каждому разделу модуля, что обеспечивает большую наглядность и лучшую усваиваемость изучаемого материала.

Также данная структура учебника предусматривает ряд тренировочных заданий, производящих оценку полученных знаний, ряд творческих заданий, позволяющих ученику самостоятельно формировать и проводить виртуальные физические эксперименты. Предусмотрен переход в среду проведения виртуальных физических экспериментов «Живая физика».

Научно-техническая часть проекта: В последнее время можно часто слышать вопросы: «А нужен ли вообще компьютер на уроках? Не вытеснят ли компьютерные имитации реальный эксперимент из учебного процесса? В каких случаях оправдано использование компьютерных программ на уроках?».

Использование компьютера на уроках оправдано, прежде всего, в тех случаях, в которых он обеспечивает существенное преимущество по сравнению с традиционными формами обучения. Одним из таких случаев является использование компьютерных моделей и виртуальных лабораторий в процессе адаптивного группового обучения. Следует отметить, что под компьютерными моделями понимают компьютерные программы, которые позволяют имитировать физические явления, эксперименты или идеализированные ситуации, встречающиеся в задачах.

Прежде всего, рассматривают вопрос: «В чем заключается преимущество компьютерного моделирования по сравнению с натурным экспериментом?». Компьютерное моделирование позволяет наглядно иллюстрировать эксперименты и явления, воспроизводить их тонкие детали, которые могут быть незамечены наблюдателем при реальных экспериментах. Использование компьютерных моделей и виртуальных лабораторий предоставляет уникальную возможность визуализации упрощенной модели реального явления. При этом можно поэтапно включать в рассмотрение дополнительные факторы, которые постепенно усложняют модель и приближают ее к реальному физическому явлению. Кроме того, компьютер позволяет моделировать ситуации, нереализуемые экспериментально.

Работа учащихся с компьютерными моделями и виртуальными лабораториями чрезвычайно полезна, так как они могут ставить многочисленные эксперименты и даже проводить небольшие исследования. Интерактивность открывает перед учащимися огромные познавательные возможности, делая их не только наблюдателями, но и активными участниками проводимых экспериментов.

Процесс компьютерного моделирования для учащихся увлекателен и поучителен, так как результат моделирования всегда интересен, а в ряде случаев может быть весьма неожиданным. Создавая модели и наблюдая их в действии, учащиеся могут познакомиться с рядом явлений, изучить их на качественном уровне, а также провести небольшие исследования.

Разумеется, компьютерная лаборатория не может заменить настоящую лабораторию. Тем не менее, при выполнении компьютерных лабораторных работ у обучаемых формируются навыки, которые пригодятся им и для реальных экспериментов – выбор условий экспериментов, установка параметров опытов и т.д. Все это превращает выполнение многих заданий в микроисследования, стимулирует развитие творческого мышления учащихся, повышает их интерес к предмету.

Возможность внедрения полученных результатов: Итоговый продукт будет внедряться в учебный прочес средних общеобразовательных школ, среднеспециальных учебных заведений и высших учебных заведений, а также будет представлен в розничном распространении на рынке программного обеспечения. Продукт представляет особый интерес в свете проведения государственного проекта «Образование», который рекомендует учебным заведениям интегрировать в учебный процесс информационные компьютерные технологии. Тестовая версия продукта была апробирована на базе СОШ №8 города Пенза, получила высокую оценку специалистов, а также была отмечена дипломом на Десятой международной научно-практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности», проведенной под эгидой Российской Академии Наук.

Конкурентные преимущества: Рынок сбыта данного программного продукта не ограничивается средними общеобразовательными учреждениями. Он может использоваться при обучении студентов высших и среднеспециальных учебных заведений. Аналогов в мире не имеется, что обуславливает 100% гарантию коммерциализации.

ПОРТАТИВНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВЕЩЕСТВ

Д.А. Гаврилов, Т.С. Гаврилова, Н.Б. Преображенский

МФТИ (НИУ), кафедра микроэлектроники и прикладной информатики,
e-mail: gavrilou@gmail.com

Создан прибор, обладающий чрезвычайно высокой чувствительностью, которая позволяет детектировать рекордно низкие концентрации, порядка нескольких нано моль на литр. Это позволяет использовать его для идентификации различных веществ. В основе лежит метод комбинационного и гигантского комбинационных рассеяний (SERS). [1]. В рамках реализации прибора разработано программное обеспечение с оригинальным алгоритмом распознавания спектров, преимущественно использующим вейвлет-анализ. В дополнение к невысокой стоимости это открывает перспективы внедрения данного аппарата во многие сферы деятельности человека. Основными преимуществами являются: портативность, высокая скорость работы (от 10 мс), умеренная цена по сравнению с лабораторными аналогами, высокая чувствительность к малым концентрациям, определяющая безошибочность распознавания веществ. Размеры прибора: 200x150x100 мм.

Основными областями применения устройства являются: обнаружение взрывчатых и наркотических веществ, криминалистика, медицина (анализ крови в реальном времени, обнаружение раковой ткани на начальной стадии), контроль качества на производстве, мониторинг химических реакций, геология и археология и т.п.

Разработанный прибор состоит из следующих узлов (рис. 1).

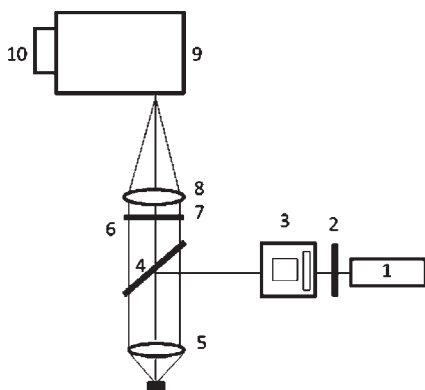


Рис. 1. 1. Полупроводниковый лазер. 2. Интерференционный узкополосный фильтр. 3. Вращатель поляризации 4. Дихроичное зеркало 5. Высокоапертурный объектив 6. Интерференционный фильтр 7. Поляризатор 8. Система линз 9. Одинарный монохроматор 10. ПЗС.

Литература

1. Гигантское комбинационное рассеяние / Под ред. Р. Ченга, Т. Фуртака.- М.: Мир, 1984.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ИЕРАРХИЧЕСКИ ОРГАНИЗОВАННОМ ФИНАНСОВОМ РЫНКЕ

А.С. Пивоварова, А.П. Зубарев

Самарский Государственный Аэрокосмический Университет имени академика
С.П.Королева (национальный исследовательский университет),
e-mail: a-pivovarova@mail.ru

В основу работ Джохансена и Сорнетта [3] было положено предположение о том, что явления крахов на финансовых рынках аналогичны критическим явлениям в статистической физике, т.е. фазовым переходам первого и второго рода, при которых наблюдается сингулярное поведение величин, характеризующих систему. В таком случае для описания поведения рынка вблизи точки краха можно использовать уже имеющийся аппарат статистической физики, например, ренормгрупповой анализ. Сходство данных явлений подтверждают эмпирические исследования, показывающие, что при приближении к критическим событиям на финансовых рынках наблюдается самоподобность и ускорение колебаний [1-3], происходящих в системе. В связи с этим возникает задача построения математических моделей рынка, учитывающих его дискретную масштабную инвариантность, в которых реализуются режимы с обострением.

В данной работе предлагаются обобщения модели, предложенной Джохансеном и Сорнеттом для описания предкрахового поведения цен, и проводится их численное исследование. Данная модель основана на предположении об иерархической организации агентов на рынке. Обобщение модели строится путем введения зависимости степени влияния агентов друг на друга от ультраметрического расстояния между ними. Наибольшее внимание уделяется вопросу об универсальности критической точки, который исследуется с помощью построения распределений точек краха при различном числе агентов. Показывается, что в системе имеется вполне определенная точка краха, определяемая лишь внутренними параметрами модели. Т.е. с увеличением числа агентов в системе плотность распределение точек краха стремится к дельта-функции. Также выясняется, что данное свойство универсальности критической точки сохраняется и для ультраметрического обобщения исходной иерархической модели.

Литература

1. D. Sornette, A. Johansen, J.-Ph. Bouchaud. Stock market crashes, Precursors and Replicas. Journal de Physique, France. V.6, 1996. P. 167-175.
2. Подлазов А.В. Режимы с обострением с комплексными показателями. Лог-периодические колебания в модели разрыва пучка волокон // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. № 35. 22 с. 2009.
3. D. Sornette, A. Johansen. A hierarchical model of financial crashes. Physica A, V. 261, 1998, P. 581-598.

1. Д.А. Зиновьев, В.М. Журавлев

Ульяновский государственный университет, Инженерно-физический факультет высоких технологий, e-mail: zinovev_d@mail.ru

2. А.И. Кочаев, П.А. Арефьева, А.А. Каренин, И.С. Оленин, Р.А. Браже

ГОУ ВПО Ульяновский государственный технический университет
432027 Ульяновск, ул. Северный Венец, 32; e-mail: a.kochaev@gmail.com

3. П.В. Кревчик, В.А. Рудин, Р.В. Зайцев, Э.А. Гаврина, В.Д. Кревчик, М.Б. Семенов

Кафедра «Физика» ПГУ, Пенза, e-mail: physics@pnzgu.ru

4. А.А. Пискунов

НОЦ «Плазма», Петрозаводский государственный университет
185910, ул. Университетская, 10, e-mail: piskunov@plasma.karelia.ru

**5. А.С. Семисалова, Н.С. Перов, Е.А. Ганьшина, А.Д. Рубачева, А.Ф. Орлов,
А.В. Марков, И.В. Кулеманов, Ю.А. Агафонов, В.И. Зиненко, В.В. Сарайкин**

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова,
Физический Факультет, e-mail: semisalova@magn.ru

6. Е.Е. Финк, С.Н. Янин

НИИ ЯФ, e-mail: katya_fink@mail.ru

7. А.В. Альфимов

СПБГУ ИТМО, кафедра Фотоники и Оптоинформатики,
e-mail: alfimov.anton@gmail.com

8. Бабичева В.Е.^{1,2}, Лозовик Ю.Е.^{3,1}

¹Московский физико-технический институт (ГУ),
Институтский пер., д. 9, Долгопрудный, babicheva@td.lpi.ru

²Технический университет Дании, Факультет технической фотоники,
Люнгби

³Институт спектроскопии РАН, ул. Физическая, д. 5, Троицк

9. В.Е. Баранов, В.Г. Макарян

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева, e-mail: RedBeard89@yandex.ru

10. С.А. Будённый, Т.С. Шамирзаев

Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН,
e-mail: BudennySemen@gmail.com

11. А.В. Гелиев, Б.В. Егоров

Центральный Аэрогидродинамический Институт им. Н.Е. Жуковского,
e-mail: Alexander.geliev@mail.ru

12. А.В. Дыбов, В.В. Ласуков

Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30,
634050, e-mail: lav_9@list.ru

13. М.В. Дятлова, Р.А. Хайбуллов, Р.В. Гурина

Ульяновский государственный университет, e-mail: marinka8d@mail.ru

14. И.А. Краснова¹, Н.С. Ерохин^{1,2}

¹ Российский Университет Дружбы Народов, ул. Орджоникидзе, д. 3,
115419, Москва, Россия, e-mail: sungirl8@mail.ru

² Институт космических исследований РАН, ул. Профсоюзная, д. 84/32,
117997, Москва, Россия, e-mail: perokhin@iki.rssi.ru

15. П.П. Миронов, В.М. Журавлев

Ульяновский Государственный Университет Инженерно-физического
факультета высоких технологий, e-mail: museum86@mail.ru

16. И.П. Завершинский, В.Г. Макарян, Н.Е. Молевич, Д.П. Порфирьев

Самарский государственный аэрокосмический университет,
e-mail: dporfirev@rambler.ru

17. В.В. Родионова, Н.С. Перов

Кафедра магнетизма, Физический факультет МГУ
119991 Москва ГСП-1, Ленинские горы, д.1, стр. 2,
e-mail: rodionova@magn.ru

18. В.Д. Салахутдинов, С.А. Кочубей, Е.Б. Хворостов, Н.Н. Рубцова

Институт физики полупроводников СО РАН, e-mail: seva011@gmail.com

19. Н.Е. Молевич^{1,2}, Н.В. Трошкин¹

¹ Самарский государственный аэрокосмический университет
им. С.П.Королева (национальный исследовательский университет)

² Самарский филиал Учреждения Российской академии наук
Физического института им. П.Н. Лебедева РАН,
e-mail: nicknec@yandex.ru

20. А.К. Федоров, С.О. Юрченко

МГТУ им. Н.Э. Баумана, e-mail: lex1026@gmail.com

21. А.А. Чайкин, Е.Н. Тумаев

Кубанский государственный университет,
350040, Краснодар, ул. Ставропольская, 149,
e-mail: sanchaikin@rambler.ru

22. Р.Н. Галимов^{1,2}, Н.Е. Молевич

¹ Самарский государственный аэрокосмический университет
им. С.П. Королева (национальный исследовательский университет),
443086 Самара, Московское шоссе, 34; e-mail: renrk@mail.ru

² Самарский филиал Учреждения Российской академии наук
Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, 443011 Самара,
ул. Новосадовая, 221

23. Б.А. Биалов, Г.Д. Кардашова, Д.С. Даллаева

Дагестанский государственный технический университет

24. Д.И. Завершинский^{1,2}, Н.Е. Молевич^{1,2}

¹ Самарский государственный аэрокосмический университет
им. С.П. Королева (национальный исследовательский университет)

² Самарский филиал Учреждения Российской академии наук
Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, e-mail:
dimanzav@mail.ru

25. М.О. Макеев, Ю.М. Миронов

МГТУ им. Н. Э. Баумана, e-mail: mc.stiv@gmail.com

26. В.В. Медведев, В.М. Кривцун

Московский Физико-Технический Институт,
e-mail: medvedev@phystech.edu

27. Д.Ю. Орлова^{1,2,*}, Е. Bartova², В.П. Мальцев^{1,3}, S. Kozubek², А.В. Чернышёв^{1,3}

¹ Институт химической кинетики и горения, Институтская 3, 630090,
Новосибирск, Россия

² Институт Биофизики Чешской академии наук, Kralovopolska 135, CZ-
612 65, Брно, Чехия

³ Новосибирский государственный университет, Пирогова 2, 630090,
Новосибирск, Россия

* e-mail: lightness21@gmail.com

28. Д.М. Арсениевич, А.В. Юрьев

«Гимназия № 3», г. Саратов, e-mail: mtb-kosogor@mail.ru

29. С.В. Виноградов, С.Г. Моисеев

УлГТУ, e-mail: explicit.axiom@gmail.com

30. Иг.С. Голяк*, Ил.С. Голяк*, А.Н. Морозов*

*Кафедра "Физика", МГТУ им. Н.Э. Баумана,
105005, Москва, ул. 2-ая Бауманская д. 5, e-mail: gwynbleidd_85@mail.ru

31. К.И. Домкин, Б.Л. Свистунов

ПГТА, Пенза, e-mail: ego85@sura.ru

32. Е.С. Егоров, А.Ф. Родин

Московский физико-технический институт, e-mail: geniaegorov@mail.ru

33. Е.Г. Емец, В.А. Варлачев, Е.С. Солодовников

Государственное образовательное учреждение национальный
исследовательский томский политехнический университет, физико-
технический институт, лаборатория 33, e-mail: emecevgeniy@tpu.ru

34. М.А. Кисляков, В.А. Чернышев, В.А. Чернов

СмолГУ, г. Смоленск, e-mail: kisljakow@mail.ru

35. Д.А. Анчиков, А.А. Кренц, Н.Е. Молевич

Самарский государственный аэрокосмический университет
(443086 Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34),
Самарский филиал Учреждения Российской академии наук
Физического института им. П.Н. Лебедева РАН (443011 Россия,
г. Самара, ул. Ново-Садовая, 221), e-mail: krenz86@mail.ru

36. М.О. Макеев

МГТУ им. Н. Э. Баумана, e-mail: mc.stiv@gmail.com

37. А.А. Бондусь, Р.В. Максимов, Д.В. Мутасов, В.П. Степанчук, В.П. Горбачёв

СГУ, НИИЕН, лаборатория ядерной физики и ускорителей,
e-mail: mrv333@rambler.ru

38. Р.В. Максимов, В.П. Степанчук

СГУ, НИИЕН, лаборатория ядерной физики и ускорителей,
e-mail: mrv333@rambler.ru

39. **П.Б. Лавров, А.А. Раваев, Л.П. Грачев, И.И. Есаков**
ФГУП «Московский радиотехнический институт РАН»,
Москва 117519, Варшавское ш., 132, e-mail: lpbmos@gmail.com
40. **В.В. Андреев, М.А. Корнеева, А.А. Новицкий, А.М. Умнов, Д.В. Чупров**
Российский университет дружбы народов, каф. экспериментальной
физики,
e-mail: temple18@mail.ru
41. **Б.В. Игнатъев, А.В. Лебедев, П.Г. Плаутский**
Кубанский государственный университет, кафедра физики и
информационных систем, e-mail: plautskiy@gmail.com
42. **И.А. Прохоров, И.В. Шиховцев**
Новосибирский Государственный Университет, e-mail:
Ivan.A.Prokhorov@gmail.com
43. **Н.С. Пушилина, О.М. Степанова**
Томский политехнический университет, e-mail: pushilina@tpu.ru
44. **В.В. Родионова, Н.С. Перов**
Физический факультет МГУ, e-mail: rodionova@magn.ru
119991 Москва ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 2
45. **К.Д. Смирнов, А.В. Прокопенко**
НИЯУ МИФИ, e-mail: kostya_smirnov@inbox.ru
46. **А.А. Стеряков, А.П. Зубарев**
Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский
университет),
e-mail: lubopitnij@mail.ru
47. **И.А. Шарай, Е.Н. Тумаев, С.А. Онищук**
Кубанский государственный университет,
350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская 149, e-mail: Ivan0017@mail.ru

48. Л.С. Яшина, А.П. Анзулевич, Л.Н. Бутько, И.С. Зотов, В.Д. Бучельников, И.В. Бычков

ГОУ ВПО «Челябинский государственный университет», физический факультет, кафедра физики конденсированного состояния, кафедра радиофизики и электроники, e-mails: yls-2010@mail.ru, anzul@list.ru

49. Я.Ю. Богородский

Пензенская Государственная Технологическая Академия,
e-mail: juster1987@mail.ru

50. Д.А. Гаврилов, Т.С. Гаврилова, Н.Б. Преображенский

МФТИ (НИУ), кафедра микроэлектроники и прикладной информатики, e-mail: gavrilou@gmail.com

51. А.С. Пивоварова, А.П. Зубарев

Самарский Государственный Аэрокосмический Университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет), e-mail: a-pivovarova@mail.ru