

Физическое образование в вузах

УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА:

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МОСКОВСКОЕ ФИЗИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ РАЗРАБОТЧИКОВ И ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ

Журнал зарегистрирован в Государственном комитете Российской Федерации по печати.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации № 019360 от 2 ноября 1999 г.

119991, Москва В-333, Телефоны: (499)132-66-51
Ленинский пр. 53, Факс: (499)132-66-51
Издательский дом МФО (499)132-64-11 Татьяна Валерьевна
E-mail: kalachev@sci.lebedev.ru

Уважаемые коллеги!

Издательский дом Московского Физического общества продолжает подписку на журнал «Физическое образование в вузах». Учредителями журнала являются Министерство образования и науки РФ, Московское Физическое общество и МАРПУТ. Редколлегия журнала составили видные ученые-специалисты в области физического образования России и Минобороны РФ. Наш журнал двуязычный (принимаются статьи на русском и английском языках) и распространяется в странах СНГ.

Главный редактор журнала – академик Российской академии наук, профессор МИФИ, научный руководитель Высшей школы им. Н.Г. Басова НИЯУ МИФИ О.Н. Крохин.

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. Информационные технологии в физическом образовании.
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.

УСЛОВИЯ ПОДПИСКИ

Стоимость подписки на год с 1 января 2012 г. – 2100 рублей (включая НДС).

Банковские реквизиты ООО «Издательского дома МФО»:

р/с № 40702810038280100249 в Московском банке, Сбербанк России ОАО,
г. Москва. к/с № 30101810400000000225, БИК 044525225, ИНН № 7736045853, КПП 773601001.

В платежке указать назначение платежа «За подписку на журнал» и точный адрес для рассылки.

Физическое образование в вузах

Приложение

Труды конференции–конкурса молодых физиков

Москва, 13 февраля 2012 г.

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

Издательский Дом Московского Физического общества

Журнал «Физическое образование в вузах»

URL: <http://pinhe.lebedev.ru>

Совет журнала

- Крохин Олег Николаевич** – главный редактор, академик РАН, научный руководитель Высшей школы физиков НИЯУ МИФИ, проф., доктор физико-математических наук
Гладун Анатолий Деомидович – заместитель главного редактора, проф. МФТИ (ГУ), доктор физико-математических наук
Николаев Владимир Иванович – заместитель главного редактора, проф. МГУ им. М.В. Ломоносова, директор ЦППК 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
Стриханов Михаил Николаевич – ректор НИЯУ МИФИ, 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 ФИАН, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана и Финансового университета при Правительстве РФ, кандидат физико-математических наук
Гороховатский Юрий Андреевич – зав. каф. РГПУ им. А.И. Герцена, проф., доктор физико-математических наук
Завестовская Ирина Николаевна – декан 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
Пурьшева Наталия Сергеевна – зав. каф. МПГУ, проф., доктор педагогических наук
Рудой Юрий Григорьевич – проф. РУДН, доктор физико-математических наук
Салецкий Александр Михайлович – зав. каф. МГУ им. М.В. Ломоносова, проф., доктор физико-математических наук
Спирин Геннадий Георгиевич – проф. МАИ (ГТУ), доктор технических наук
Чернышев Виктор Викторович – проф. ВА им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, кандидат технических наук

Техническая редакция

- Березин Павел Дмитриевич** – руководитель РИИС ФИАН.
Алексеева Татьяна Валерьевна – инженер РИИС ФИАН.
Алексеева Татьяна Викторовна – редактор РИИС ФИАН.

36. **М.Е. Чижов, Д.Г. Григорук П.С. Кондратенко**

ИБРАЭ РАН, e-mail: Maxak@yandex.ru

37. **М.Е. Чижов, П.С. Кондратенко**

ИБРАЭ РАН, e-mail: Maxak@yandex.ru

38. **А.А. Яновский, А.Я. Симоновский**

Ставропольский государственный университет, e-mail: a.a.yanovskiy@yandex.ru

39. **Д.М. Арсениевич, А.В. Юрьев**

«МАОУ Гимназия № 3», г. Саратов, e-mail: ar-corp@yandex.ru

40. **Е.М. Клименко, А.Я. Симоновский**

ГОУ ВПО «Ставропольский государственный университет»,
e-mail: klimenkoevgeniya@mail.ru

41. **Д.Ю. Матвеев, А.Н. Крушельницкий, В.М. Грабов**

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, 191186, Санкт-Петербург, набережная реки Мойки, д. 48,
e-mail: danila200586@mail.ru, ak.spb.ru@gmail.com

42. **А.А. Неверова, К.С. Долганов**

ИБРАЭ РАН, e-mail: ann.neverova@gmail.com

43. **Т.О. Петрова, О.Г. Максимова**

ФГБОУ ВПО Череповецкий государственный университет, e-mail: to_87@bk.ru

44. **Ю.А. Семенова, Р.Г. Закирян**

ФБГОУ ВПО «Ставропольский государственный университет»,
e-mail: brilliance_wave@mail.ru

45. **О.В. Сидорова, Л.А. Алёшина**

Петрозаводский государственный университет, e-mail: solvak@yandex.ru

46. **К.Д. Смирнов, А.В. Прокопенко**

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

47. **П.А. Стрельников, Ю.И. Кураков**

ШИ(ф)ГОУ ВПО ЮРГТУ (НПИ), e-mail: rogu_@mail.ru

48. **А.К. Федоров, Ю.Е. Лозовик И.Л. Курбаков**

МГТУ им. Н.Э. Баумана и лаб. спектроскопии наноструктур Института спектроскопии РАН, e-mail: akfedorov@student.bmstu.ru

Подписано в печать 1 февраля 2012 г.
Формат 70x100/16. Заказ № 8. Тираж 300. П.л. 4,375
Отпечатано в РИИС ФИАН.
Москва, В-333, Ленинский проспект, 53. Тел.: (499) 132 66 51

КОНФЕРЕНЦИЯ-КОНКУРС МОЛОДЫХ ФИЗИКОВ

13 февраля 2012 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 49 докладов из более чем 30 вузов и НИИ из 17 городов Российской Федерации и Франции. 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. *Завестовская И.Н.*, декан Сецфака НИЯУ МИФИ, доцент, к.ф.-м.н.
4. *Калачев Н.В.*, ученый секретарь конкурса, к.ф.-м.н., доцент кафедры физики МГТУ им. Н.Э. Баумана, ст.н.с. ФИАН,
5. *Михайлин В.В.*, д.ф.-м.н., проф., зав каф. оптики и спектроскопии МГУ, физ. факультет
6. *Морозов А.Н.*, заведующий кафедрой физики МГТУ им. Н.Э. Баумана, профессор, д.ф.-м.н.
7. *Очкин В.Н.*, заместитель директора ФИАН, профессор, д.ф.-м.н.
8. *Шапочкин М.Б.*, председатель Правления Московского физического общества, профессор, д.ф.-м.н.

Программа работы Конференции-конкурса

09-30–10-30 – **регистрация** участников и вывешивание стендовых докладов.

10-30–13-00 – **пленарное заседание** (ведущий проф. М.Б. Шапочкин)

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

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

Заседание секции «Прикладная физика» (сопредседатели проф. А.Н. Морозов и проф. В.Н. Очкин), 7 докладов по 15 минут.

1. Ан П.П., Тархов М.А., Гольцман Г.Н. «Сверхпроводниковый однофотонный детектор на основе ультратонкой пленки NbN», Московский педагогический государственный университет.
2. Ашиккалиева К.Х., Каныгина О.Н. «Лазерно-индуцируемые периодические структуры на поверхности монокристаллического кремния», Оренбургский государственный университет.

3. Бабич А.В., Науменко В.Ю., Резников И.И. «Использование наночастиц сложного оксида железа для диагностических медицинских приложений», Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова.
4. Матвеев С.А., Денисов С.А., Чалков В.Ю., Шенгуров В.Г. «Гетероструктуры $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ на КНС-подложках, полученные методом сублимации кремния в среде германа», НИФТИ ННГУ.
5. Семенов А.В., Хахаев А.Д., Щербина А.И., Величко А.А. «Пылевая плазма как новый способ всесторонней модификации поверхности микро- и наноразмерных частиц для биомедицинских приложений», Петрозаводский государственный университет.
6. Тройнов В.И., Зимин А.М., «Программно-аппаратный комплекс регистрации и распознавания молекулярного спектра для эмиссионной томографии магнетронного разряда в дейтерии», МГТУ им. Н.Э. Баумана.
7. Яновский А.А., Симоновский А.Я. «Управление теплообменными процессами при кипении магнитной жидкости на неограниченной поверхности при помощи магнитного поля», Ставропольский государственный университет.

13-00–14-00 – **кофе брейк** и ознакомление со стендовыми докладами

14-00–16-00 – **заседание секции «Фундаментальная физика»** (сопредседатели проф. А.Д. Гладун и проф. В.В. Михайлин), 7 докладов по 15 минут.

1. Гладченко Е.В., Андриюшечкин Б.В., Жидомиров Г.М., Дидье К., Керрен Б., Черкез В.В., Ельцов К.Н. «Атомная структура хлорида золота на поверхности Au(111)», Московский физико-технический институт, Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Университет Анри Пуанкаре, г. Нанси, Франция.
2. Денисенков В.С., Андриюшечкин Б.В., Павлова Т.В. «Адсорбция молекулярного йода на поверхность Ag(110)», Московский физико-технический институт, Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН.
3. Киктенко Е.О., Коротаев С.М. «Запутанность и причинность при взаимодействии двухуровневого атома с резонансным полем», МГТУ им. Н.Э. Баумана.
4. Смирнова Д.Е., Норман Г.Э. «Разработка новых межатомных потенциалов для моделирования структуры и свойств урансодержащих ядерных топлив», Объединенный Институт Высоких Температур РАН (Москва).
5. Смотрова Л.В., Тумовский Г.Д., Спахов А.А., Голов А.Н., Беляев В.В., Козенков В.М., Дадиванян А.К., Кузнецов М. М. «Теоретическое и экспериментальное исследование статистических и кинетических процессов в фотоанизотропных полимерах для ориентации жидких кристаллов», кафедра теоретической физики МГОУ.
6. Титова М.С., Ведяев А.В., «Резонансные явления в структурах с туннельным магнетосопротивлением», Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Физфак.

7. Яковлева Е.И., Кокоулин Р.П., Петрухин А.А., Шутенко В.В. «Наблюдение солнечных космических лучей высоких энергий на поверхности земли», НОЦ НЕВОД, НИЯУ МИФИ.

16-00–17-00 – подведение итогов, вручение дипломов победителям.

По итогам конференции-конкурса предусмотрены премии:

- в номинации «Лучшая работа по фундаментальной физике» призовой фонд 25 тысяч рублей,
- в номинации «Лучшая работа по прикладной физике» призовой фонд 25 тысяч рублей,
- в номинации «Лучший стендовый доклад» призовой фонд 10 тысяч рублей,
- в номинации «Инновационный проект» 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

АТОМНАЯ СТРУКТУРА ХЛОРИДА ЗОЛОТА НА ПОВЕРХНОСТИ Au(111)

Е.В. Гладченко^{1,2}, Б.В. Андриюшечкин², Г.М. Жидомиров², К. Дидье³,
Б. Керрен³, В.В. Черкез², К.Н. Ельцов²

¹ Московский физико-технический институт

² Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН

³ Университет Анри Пуанкаре, г. Нанси, Франция

При воздействии галогенов с поверхностью металлов может образовываться необычное соединение галогена и металла: поверхностный галогенид. В силу необычности своего состояния, поверхностный галогенид может играть ключевую роль в катализе. В данной работе, представлены результаты теоретических расчетов поверхностного хлорида золота на грани Au(111) методом теории функционала плотности (ТФП). Расчеты производились на кластере МФТИ-60 кафедры информатики с использованием программного пакета VASP.

При степени покрытия хлором $\theta > 0.33$ МС на поверхности Au(111) появляются вытянутые объекты (рис. 1а). Дальнейшее увеличение степени покрытия приводит к увеличению плотности этих объектов до тех пор, пока они не займут всю поверхность.

Наши расчеты показали, что молекулы AuCl, AuCl₂ не являются стабильными на поверхности Au(111) и не могут воспроизвести экспериментальные СТМ-изображения.

В качестве модели мы также рассмотрели молекулу AuCl₂ адсорбированную на Au(111). На рис. 1б показана оптимизированная структурная модель AuCl₂ на поверхности Au(111) и соответствующее теоретическое и экспериментальное СТМ-изображения. Видно, что теоретическое СТМ-изображение полностью воспроизводит экспериментальное. На рис. 1в показана модель димера AuCl₂, которая также полностью воспроизводит экспериментальное СТМ-изображение. Молекулы AuCl₂ можно рассматривать как поверхностный хлорид золота.

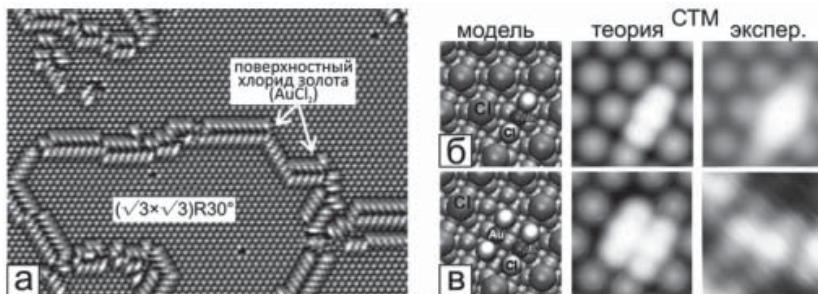


Рис. 1. (а) СТМ-изображение ($286 \times 206 \text{ \AA}^2$) хлорированной грани Au(111); (б) структурная модель AuCl₂ и сравнение теоретического СТМ-изображения с экспериментальным; (в) модель, теоретическое и экспериментальное СТМ-изображение димера AuCl₂.

АДСОРБЦИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ЙОДА НА ПОВЕРХНОСТЬ Ag(110)

В.С. Денисенков^{1,2}, Б.В. Андриушечкин², Т.В. Павлова²

¹ Московский физико-технический институт (Государственный Университет)

² Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН

Методом сверхвысоковакуумной сканирующей туннельной микроскопии исследовано взаимодействие молекулярного йода с монокристаллической

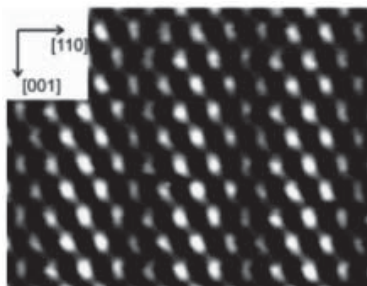


Рис. 1. СТМ-изображение ($52 \times 45 \text{ \AA}$, $I_t = 0,2 \text{ нА}$, $U_s = -1,5 \text{ В}$) структуры доменных стенок, образуемых йодом на поверхности Ag(110).

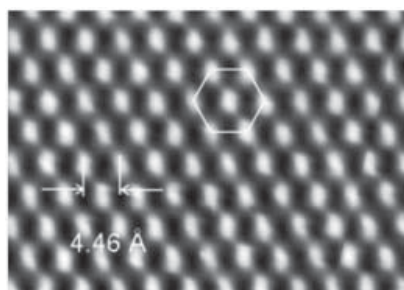


Рис. 2. СТМ-изображение ($50 \times 37 \text{ \AA}$, $I_t = 0,25 \text{ нА}$, $U_s = -964 \text{ мВ}$).

поверхностью Ag(110). Установлено, что при степени покрытия $\theta = 0,5 \text{ МС}$ йод формирует простую соразмерную решетку $c(2 \times 2)$ с одним атомом на элементарную ячейку. Дальнейшая экспозиция приводит к сжатию решетки $c(2 \times 2)$ вдоль направления $\langle 110 \rangle$ подложки. Данные СТМ свидетельствуют, что сжатие происходит через формирование линейных доменных стенок (см. рис. 1). При последующем увеличении покрытия йод формирует однородносжатую квазигексагональную структуру (рис. 2). Дальнейшая экспозиция йода на поверхность Ag(110) приводит к росту островков йодида серебра (высотой $5-7 \text{ \AA}$), ориентированных таким образом, что одно из направлений плотноупакованных рядов квазигексагональной структуры верхнего слоя островков совпадает с направлением $\langle 110 \rangle$ подложки.

С использованием теории функционала плотности установлено, что атомы йода адсорбируются на поверхности Ag(110) в положения в центре между четырьмя атомами серебра. Также получены расчетные СТМ-изображения структуры доменных стенок, совпадающие с экспериментальными.

ЗАПУТАННОСТЬ И ПРИЧИННОСТЬ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ДВУХУРОВНЕГО АТОМА С РЕЗОНАНСНЫМ ПОЛЕМ

Е.О. Киктенко

МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки», специальность
«Техническая физика»; e-mail: evgeniy.kiktenko@gmail.com

Запутанность представляет собой важнейший ресурс для реализации практических применений физики квантовой информации таких как сверхплотное кодирование, квантовая телепортация, квантовые вычисления и пр. Традиционно считается, что запутанность, будучи исключительно квантовым явлением, полностью исчезает с повышением температуры. Однако в работе [1] показано, что при взаимодействии атома в чистом возбужденном состоянии с квантуемой резонансной модой электромагнитного поля в термальном смешанном состоянии согласно модели Джейнса-Каммингса [2,3] запутанность сохраняется при любых температурах. Авторы [1] рассматривают проекции общей системы размерности $2 \times \infty$ на двухкубитные состояния размерности 2×2 и получают лишь нижнюю оценку существующей запутанности.

В настоящей работе рассматривается аналитическое решение уравнения фон Неймана (с использованием гамильтониана модели Джейнса-Каммингса) для матрицы плотности атома и поля, позволяющее рассмотреть динамику развития системы для произвольного начального состояния без использования проекций.

В качестве начальных состояний системы нами рассматривался набор сепарабельных состояний, в которых поле всегда находилось в термальном смешанном состоянии, а атом находился либо в чистом возбужденном, либо в чистом основном, либо в смешанном термальном состоянии.

В качестве меры запутанности использовалась негативность [4]. Кроме того, вычислялись характеристики квантового причинного анализа [5-8]: функции независимости, характеризующие односторонние корреляции между подсистемами и принадлежность этих корреляций к «квантовым» или «классическим» с точки зрения энтропий, а также безразмерный ход времени c_2 , характеризующий направление и силу причинной связи между атомом и полем.

В результате было получено, что все характеристики с течением времени флуктуируют около некоторых средних значений. Интенсивности подобных флуктуаций уменьшаются с ростом температуры. Анализ усредненных по времени значений характеристик для различных начальных состояний показал, что все они стремятся к одинаковому асимптотическим значениям с ростом температуры. Получено,

что в независимости от начального состояния атома, при достаточно высоких температурах система оказывается запутанной $N_{\text{asymp}} \approx 0.07$ (что составляет 14% от максимального значения негативности); асимметричной: полю соответствует причина (источник информации), а атому – следствие (сток информации); классически коррелированной с точки зрения энтропий (обе функции независимости положительны).

В случае основного и термального начального состояния атома получено, что температура может играть конструктивную роль в создании запутанности.

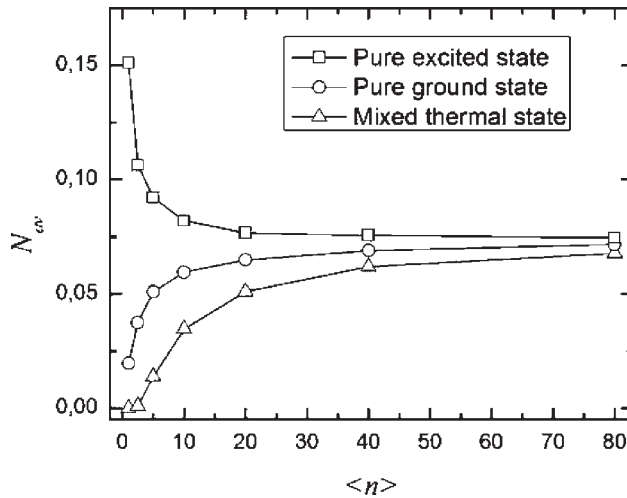


Рис. 1. Зависимость усредненной по времени негативности как меры запутанности от среднего числа фотонов как меры температуры для различных начальных состояний атома, взаимодействующего с термальным полем.

Литература

1. S. Bose, I. Fuentes-Guridi, P. L. Knight and V. Vedral, Phys. Rev. Lett. **87**, (2001) 050401.
2. E. T. Jaynes and F.W. Cummings, Proc. IEEE **51**, (1963) 89.
3. Г. Вальтер, УФН **166**, (1996) 777.
4. X. Wang and Z.D. Wang, Phys. Rev. A, **73**, (2006) 064302.
5. S.M. Korotaev and E.O. Kiktenko, AIP Proceedings **1316**, (2010) 295.
6. С.М. Коротаев, Е.О. Киктенко, Вестник МГТУ Естественные науки **3**, (2010) 35.
7. С.М. Коротаев, Е.О. Киктенко, Вестник МГТУ Естественные науки **3**, (2011) 90.
8. S.M. Korotaev and E.O. Kiktenko, in Physical Interpretation of Relativity Theory, edited by P. Rowlands, (BMSTUPH, Moscow, 2011), 201.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕЖАТОМНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ УРАНСОДЕРЖАЩИХ ЯДЕРНЫХ ТОПЛИВ

Д.Е. Смирнова, Г.Э. Норман

Объединенный Институт Высоких Температур РАН (Москва),
г. Москва, 125412, Ижорская ул., д.13, строение 2, e-mail: d.e.smirnov@gmail.com

Для исследования структуры и свойств топливных материалов на атомистическом уровне разработаны потенциалы, описывающие межатомное взаимодействие в чистом уране (U) и в бинарной системе уран-молибден (U-Mo). Потенциалы построены с помощью метода «Согласования по силе» (force-matching method [1]) в рамках модели погруженного атома [2]. В качестве нормировочных данных при оптимизации потенциальных функций использовались значения сил, энергий и напряжений, полученные из *ab initio* расчётов. Установлено, что предложенные потенциалы корректно воспроизводят структуру α -U, γ -U, Mo, перспективных топливных сплавов системы U-Mo (содержащих от 6 до 10 весовых процентов Mo) и соединения U₂Mo. Упругие постоянные, температуры плавления, тепловое расширение и «холодное» сжатие компонентов системы U-Mo находятся в согласии с экспериментальными данными. Полученные значения энергии образования точечных дефектов (вакансий, межузельных атомов) в U и Mo согласуются с результатами *ab initio* расчетов. Потенциалы ориентированы на детальное изучение механизмов образования и эволюции радиационных дефектов и соответствующих изменений структуры и свойств урансодержащих топлив.

Литература

1. M. S. Daw, M. I. Baskes, Phys. Rev. B., 1984, V. 29, P. 6443.
2. F. Ercolessi, J. B. Adams, Europhys. Lett., 1994, V. 26, P. 583.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ И КИНЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ФОТОАНИЗОТРОПНЫХ ПОЛИМЕРАХ ДЛЯ ОРИЕНТАЦИИ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ

Л.В. Смотров, Г.Д. Тумовский, А.А. Спахов;
научные рук.: А.Н. Голов, В.В. Беляев, В.М. Козенков,
А.К. Дадиванян, М.М. Кузнецов

Московский Государственный Областной Университет,
физико-математического факультет, кафедра теоретической физики МГОУ,
e-mail: lilysmotrova@mail.ru

Целью данной работы является решение научной проблемы, имеющей важное прикладное значение, – исследование методов создания кремнийорганических, фотоанизотропных и жидкокристаллических материалов и слоев на их основе для дисплеев с увеличенным контрастом в широком диапазоне углов обзора, а также с повышенной устойчивостью к внешним воздействиям, изучение создаваемых материалов, исследование их ориентирующей способности. Теоретическое и математическое моделирование оптического состояния жидкокристаллических ячеек и дисплеев с варьируемой ориентацией жидкого кристалла в элементах отображения дисплея. Разработка и изготовление жидкокристаллических ячеек с использованием полученных образцов КОС.

Была предложена микроскопическая статистическая модель физических явлений в твердых слоях фотохимически стабильных диэлектриков, возникающих при длительном воздействии на образец периодического внешнего электрического поля. Получены формулы для нестационарной одночастичной функции распределения, вероятности данной ориентации дипольной кинетической единицы и для поляризации среды, формулы показателя преломления среды. Рассмотрен случай оптически анизотропных сред, для которых получены выражения разности показателей преломления обыкновенного и необыкновенного лучей, учитывающие происходящие релаксационные процессы. Исследована температурная зависимость оптических свойств фотоанизотропной среды.

Изготовлены ЖК ячейки с использованием полученных образцов фотоанизотропных материалов и пленок на их основе с различными режимами экспонирования УФ излучением. Реализована возможность менять начальное оптическое состояние элемента отображения дисплея различного типа – на основе твист-эффекта, эффектов управляемого двулучепреломления, «гость-хозяин». Показана возможность получения высокого пространственного разрешения (высокого контраста пикселя) при использовании исследованных и разработанных материалов и способов.

Литература

1. V.V. Belyaev, V.G. Mazaeva, M.V. Sobolevskii, I.G. Kokaulina, and A.S. Solomatin, Liquid crystal alignment on Langmuir-Blodgett organosilicon films., 2011.
2. Artem K. Dadivanyan, Yulia M. Ryabova, Denis N. Chausov, Victor V. Belyaev, and Alexey S. Solomatin, Orientation of Mesogen and Hydrocarbon Molecules on Crystal Surfaces of Graphite and Polyethylene // Molecular Crystals and Liquid Crystals, V.546, pp. 61-69, 2011.
3. Victor V. BELYAEV, Alexey Y. MERKULOV, Andrey A. BELYAEV, Alexey S. SOLOMATIN, and Artem A. GORBUNOV, Diffraction On Anisotropic Substrates With Surface Microrelief // Proc. 31st International Display Research Conference EURODISPLAY'11, Arcachon, France, 19-22 September 2011, Report P.39-41.
7. A. D. Kiselev, V. G. Chigrinov, Hoi-Sing Kwok, Kinetics of photoinduced ordering in azo-dye films: Two-state and diffusion models. Phys. Rev., E 80, 2009.
8. V. Chigrinov, S. Pikin, A. Verevochnikov, V. Kozenkov, M. Khazimullin, J. Ho, Dan Ding Huang, Hoi-Sing Kwok. Diffusion model of photoaligning in azo-dye layers. Phys. Rev., E 69, (2004).

РЕЗОНАНСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В СТРУКТУРАХ С ТУННЕЛЬНЫМ МАГНЕТОСОПРОТИВЛЕНИЕМ

М.С. Титова, А.В. Ведяев

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова,
Физический факультет, 119991 Москва, Воробьевы горы,
каф. магнетизма физического факультета МГУ, e-mail: maryartster@gmail.com

В данной работе построена математическая модель описания систем типа $F_1/I/F_2$ при наличии примесной сферической частицы конечных размеров в I слое, где $F_{1,2}$ – ферромагнитные слои, I – изолирующий слой, вектор намагниченности F_2 направлен под углом θ к намагниченности F_1 . Данная структура может применяться в качестве ячейки памяти MRAM с применением переноса спинового момента (STT). Наличие примеси обеспечивает резонансное туннелирование через структуру при определенных параметрах системы, что обеспечивает сопряжение данного логического элемента в электрической цепи.

Получены вольт-амперные характеристики (ВАХ) системы для различных радиусов примеси. Показано влияние размеров частицы как на амплитуду плотности тока, так и сам вид ВАХ (зависимость ступенчатая, количество ступеней варьируется). Построена зависимость плотности тока от расстояния до центра сферы в плоскости границы раздела I/F_2 , продемонстрирована локальность увеличения плотности тока.

Были построены ВАХ при различных спиновых поляризациях тока, падающего из F_1 в I для вектора намагниченности примеси, направленного параллельно и антипараллельно к намагниченности F_1 . Показано, что при падении иницирующего тока со спином «вниз» на частицу с намагниченностью «вверх», плотность тока почти на два порядка меньше плотности тока при падении электронов спина «вверх» (радиус частицы $R=11.69$ ангстрем). Это говорит о наличии сильной спиновой поляризации электронного потока на выходе. При рассмотрении обратной ситуации (намагниченность примеси – «вниз») плотность тока больше при начальном токе со спином «вниз». Таким образом, в системе наблюдается эффект гигантского магнетосопротивления. Оценка дает ГМСН \approx 50% для примеси данного радиуса.

НАБЛЮДЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

Е.И. Яковлева, Р.П. Кокоулин, А.А. Петрухин, В.В. Шутенко

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
e-mail: EYakovleva@mephi.ru

Актуальность изучения высокоэнергичных частиц от Солнца определяется значительным влиянием вспышечной активности Солнца на состояние магнитосферы, ионосферы и атмосферы Земли. Бурное развитие спутниковой инфраструктуры и исследовательских космических программ требует корректного учета влияния солнечной активности на функционирование технологических систем и на здоровье космонавтов. Одним из важнейших факторов подобного воздействия является ускоренные во время солнечных вспышек и испущенные в межпланетное пространство солнечные космические лучи (СКЛ) [1]. Характерный диапазон энергий СКЛ лежит от нескольких МэВ до единиц ГэВ, но в наиболее мощных вспышках можно ожидать солнечные протоны более высоких энергий (до 30-40 ГэВ), которые могут быть зарегистрированы только на поверхности Земли (так называемые события GLE). Новые возможности в исследовании СКЛ высоких энергий открывает мюонный годоскоп (МГ) УРАГАН [2], который позволяет регистрировать не только поток мюонов, но и его пространственно-угловое распределение. 13 декабря 2006 года на МГ УРАГАН было зарегистрировано событие GLE №70 [3], которое анализируется в данной работе. Событие GLE № 70 произошло на спаде 23-го солнечного цикла и на данный момент является последним подобным событием. Матричные данные МГ УРАГАН позволяют использовать их как результаты измерений на отдельных детекторах. В работе впервые вычислены характеристики энергетического спектра СКЛ события GLE № 70 с применением только одной установки. Оценены энергии первичных солнечных протонов, к которым чувствителен МГ УРАГАН. На основе полученных результатов, сделан вывод о наличии солнечных протонов с энергиями около десяти ГэВ в первые минуты события.

Работа выполнена на уникальных установках экспериментального комплекса Научно-образовательного центра НЕВОД при поддержке Министерства образования и науки РФ, ФЦП «Кадры», ФЦП «Исследования и разработка».

Литература

1. Белов А.В., Курт В.Г., Модель космоса под ред. М.И. Панасюка, КДУ, 2007, т. 1, с. 294.
2. Н.С. Барбашина и др., ПТЭ, 2008, № 2, с. 26.
3. Timashkov D.A. et al., Astroparticle Physics, 2008, № 30, с. 117.

Стендовые доклады

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СПЕКТРА АМПЛИТУД ФОРБУШ-ПОНИЖЕНИЙ

И.И. Астапов, Н.С. Барбашина, А.Н. Дмитриева, Ю.Н. Мишутина,
В.В. Шутенко, Е.И. Яковлева

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31, PAstapov@mephi.ru

Наблюдаемые на поверхности Земли вариации космических лучей (КЛ) являются интегральным результатом воздействия различных гелиосферных и атмосферных явлений. Одним из ярких примеров влияния солнечной активности на космические лучи являются форбуш-понижения (ФП), которые представляет собой резкое понижение интенсивности космических лучей, регистрируемых различными наземными детекторами, в основном, нейтронными мониторами и мюонными телескопами. Создание аппаратуры нового поколения – мюонных годоскопов, которые регистрируют поток мюонов космических лучей на поверхности Земли одновременно с различных направлений, позволило проводить пространственно-угловые измерения модуляций КЛ в околоземном пространстве и изучать динамику изменения потока мюонов в широком диапазоне зенитных и азимутальных углов с помощью одной установки. В частности, измерения зенитно-угловой зависимости потока мюонов во время ФП в широком энергетическом интервале позволяют исследовать динамику показателя амплитудного спектра в различные моменты времени, то есть на разных фазах развития форбуш-понижения.

В данной работе представлены результаты анализа вариаций потока мюонов космических лучей во время форбуш-понижений, зарегистрированных мюонным годоскопом УРАГАН в 2010 г. Анализ энергетического спектра модуляций КЛ во время ФП проводился на основе зависимостей амплитуд форбуш-понижений (ФП) от медианных энергий первичных протонов, дающих вклад в изменения темпа счета мюонного годоскопа в выбранных зенитно-угловых интервалах. Хорошее временное и угловое разрешение мюонного годоскопа УРАГАН дало возможность исследовать динамику показателя спектра амплитуд падения во время развития ФП с помощью одной установки.

Работа выполнена на уникальных установках экспериментального комплекса Научно-образовательного центра НЕВОД при поддержке Министерства образования и науки РФ, ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МНОГОЧАСТИЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛОВ ПЛОТНОСТИ В ОПИСАНИИ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ

В.Л. Глушков

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана;
e-mail: vladimirglushkov@yandex.ru

Теория функционала плотности применяется для описания основных состояний систем взаимодействующих нерелятивистских частиц во внешних полях. В этой теории рассматриваются методы, которые позволяют свести задачу к одночастичной, заменяя точный гамильтониан системы модельным, представляемым в виде суммы одночастичных гамильтонианов. Системы, которые здесь рассматриваются – многочастичные ферми системы [1].

В основе метода многочастичных функционалов плотности лежит обобщенная теорема Хоэнберга-Кона, утверждающая, что полная энергия основного состояния многочастичной нерелятивистской квантовой системы с фиксированным числом частиц N представляет собой однозначный функционал многочастичной функции плотности $n_m(\vec{r}_1, \dots, \vec{r}_m)$, $m < N$, минимум которого реализуется на функции $n_{m0}(\vec{r}_1, \dots, \vec{r}_m)$, соответствующей распределению частиц в основном состоянии системы [2].

Результаты, полученные в одночастичном и многочастичном подходах, относятся к системам, состоящим из частиц одного сорта. Основные результаты получены для электронного газа в атомах, молекулах и твердых телах. В то же самое время большое практическое значение имеют системы, состоящие из двух подсистем, включающих различные частицы. Это, в первую очередь, атомные ядра, состоящие из нейтронов и протонов, а также молекулы и твердые тела, для которых в роли подсистемы один выступают электроны, а подсистемы два – атомные ядра.

В данной работе рассматривается применение теоремы Хоэнберга-Кона к многочастичной системе, состоящей из двух типов нетождественных ферми-частиц с гамильтонианом вида:

$$H = H_1 + H_2 + U,$$

здесь

$$H_1 = \sum_{i=1}^{N_1} \left(-\frac{\hbar^2}{2\mu_1} \nabla_i^2 \right) + \sum_{i=1}^{N_1} V_1(\xi_i) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{j=1}^{N_1} W_1(\xi_i, \xi_j) (1 - \delta_{ij}),$$

$$H_2 = \sum_{i=1}^{N_2} \left(-\frac{\hbar^2}{2\mu_2} \nabla_i^2 \right) + \sum_{i=1}^{N_2} V_2(\zeta_i) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N_2} \sum_{j=1}^{N_2} W_2(\zeta_i, \zeta_j) (1 - \delta_{ij}),$$

$$U = \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{j=1}^{N_2} U(\xi_i, \zeta_j),$$

где $\left(-\frac{\hbar^2}{2\mu_{1(2)}} \nabla_i^2 \right)$ – оператор кинетической энергии i -ой частицы первого (второго) типа, $V_1(\xi_i)$ и $V_2(\zeta_j)$ – потенциалы взаимодействия i -ых частиц первого и второго типов с внешним полем, $W_1(\xi_p, \xi_j)$ – взаимодействие i -ой и j -ой частиц первого типа между собой, $W_2(\zeta_p, \zeta_j)$ – взаимодействие i -ой и j -ой частиц второго типа между собой, $U(\xi_p, \zeta_j)$ – взаимодействие i -ой частицы первого типа и j -ой частиц второго типа [3,4]. В работе рассмотрены случаи вырожденного и невырожденного состояния системы.

При исследовании систем, имеющих прикладное значение и состоящих из двух разнородных подсистем, на практике, как правило, движение частиц одной из подсистем игнорируется. Иными словами, при изучении подобных систем постановка задачи сводится к исследованию движения частиц одной из подсистем (допустим, «подсистемы 1») в поле, созданном неподвижными частицами «подсистемы 2». При этом исследование проводится исходя из вариационного принципа, сформулированного в теореме Хоэнберга-Кона. В то же самое время возникает вопрос о правомерности использования однокомпонентного подхода с учетом движения частиц «подсистемы 2».

Литература

1. Марч Н., Теория неоднородного электронного газа. – М.: Мир, 1987.–400 с.
2. Еркович О.С., Метод многочастичных функционалов плотности в нерелятивистской квантовой механике. – М.: МГТУ им. Баумана, 2001.–100 с.
3. Parr R.G., Yang W. Density-functional Theory of Atoms and Molecules. New York: Oxford University Press. 1989. 333 p.
4. Dreizer R.M., Gross E.K.U. Density Functional Theory. Berlin: Springer-Verlag. 1990. 303 p.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКА С ГЕТЕРОСТРУКТУРОЙ GaAs/GaInAs

И.М. Демешин, Е.Б.Осипов, Н.А. Осипова

Череповецкий государственный университет, e-mail: demeshin_i_m@mail.ru

В работе изучен коэффициент поглощения излучения в полупроводниках с двойными не симметричными прямоугольными квантовыми ямами с бесконечными стенками. Двойные квантовые ямы образованы гетероструктурами InGaAs/GaAs [1]. Получены зависимости коэффициентов поглощения излучения от долевого содержания In в $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ при внутризонных и межзонных переходах.

Рассматривалось поглощение излучения при межзонных переходах электрона из валентной зоны в зону проводимости в случае, когда возможны переходы с любого энергетического уровня ямы в валентной зоне, на любой энергетический уровень ямы в зоне проводимости [2]. Так как энергия запрещенной зоны GaAs $E_g=1,53$ эВ, а в InAs $E_g=0,45$ эВ [3], то энергия излучения принималась равной 1,53 эВ. Получен коэффициент поглощения в зависимости от долевого содержания индия в гетероструктуре (рис. 1).

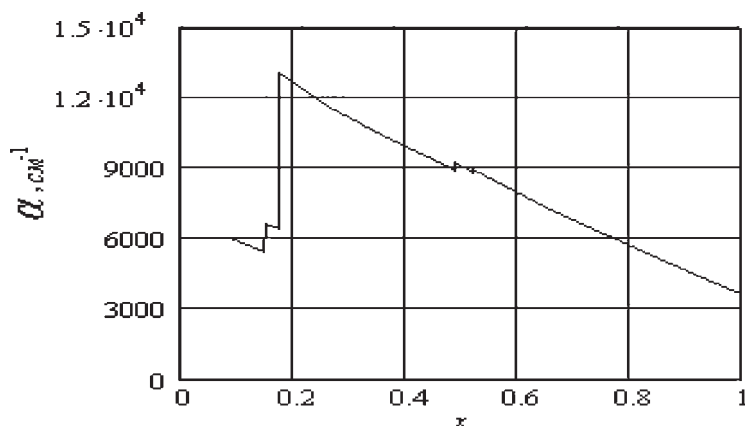


Рис. 1. Зависимость коэффициента поглощения при межзонных переходах электрона между уровнями квантовых ям валентной зоны и зоны проводимости от долевого содержания In в гетероструктуре $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}$.

Наибольшее поглощение происходит, когда долевого содержания In в структуре $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ $x=0,175$. При дальнейшем увеличении доли In в $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ коэффициент поглощения уменьшается. Это обусловлено тем, что вероятности оптических переходов практически не изменяются, а эффективная масса электронов падает, и диэлектрическая проницаемость среды растет.

Рассмотрено поглощение излучения при переходе электронов с одного уровня на другой в квантовой яме в зоне проводимости от долевого содержания In в $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ (рис. 2).

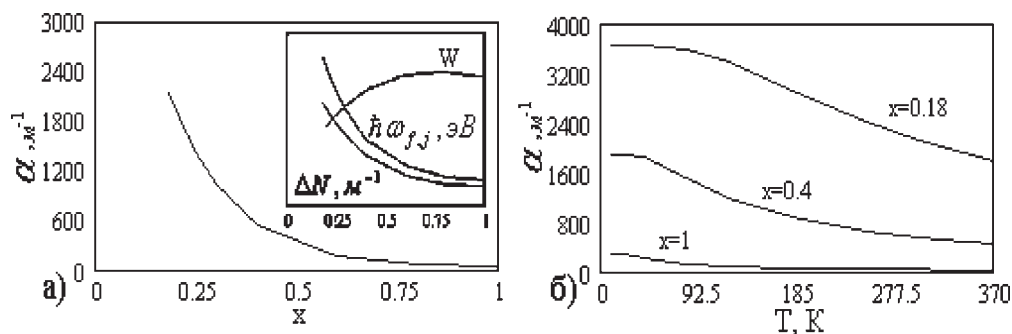


Рис. 2. Зависимость коэффициента поглощения излучения, при внутризонных переходах электрона в зоне проводимости, в полупроводнике с гетероструктурой $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}$: а) от долевого содержания In в $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$; б) от температуры.

На рис. 2а дополнительно изображено: зависимость энергии излучения при квантовом переходе электрона с первого уровня на второй в зоне проводимости; число носителей участвующих в квантовом переходе с первого уровня на второй в квантовой яме в зоне проводимости; вероятности квантового перехода электрона с первого уровня на второй – от долевого содержания In в $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$.

Наибольшее поглощение излучения наблюдается при доле индия в $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ равной 0,173. С ростом долевого содержания In в $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ коэффициент поглощения излучения уменьшается. Чем меньше доля содержания In в $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, тем большее влияние оказывает температура. И при уменьшении доли содержания In влияние на коэффициент поглощения излучения при низких температурах уменьшается.

Литература

1. Осипов Е.Б., Осипова Н.А. Физика конденсированного состояния: учебное пособие для вузов. – Череповец: ГОУ ВПО ЧГУ, 2006. – 186 с.
2. Демиховский В.Я., Вугальтер Г.А. Физика квантовых низкоразмерных структур. – Москва: Логос, 2000 г.
3. Гавриленко В.И., Грехов А.М., Корбутяк Д.В., Литовченко В.Г. Оптические свойства полупроводников. Справочник. – Киев: Наукова Думка, 1987 г.

УПРУГИЕ ВОЛНЫ В 2D И 3D-СУПРАКРИСТАЛЛАХ

А. И. Кочаев

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

Исследованы упругие и акустические характеристики двумерных и трехмерных наноразмерных супракристаллов, возможность существования которых была обоснована в [1] и экспериментально подтверждена для некоторых из них в [2]. Методами *ab initio* и связывающих орбиталей Харрисона рассчитаны упругие (упругие постоянные) и акустические (скорости упругих волн и направления чистых мод) характеристики углеродных 2D- и 3D-супракристаллов [3–4].

Упругие постоянные рассчитаны для всех рассматриваемых 2D-супракристаллов. Найдены выражения, связывающие микроскопические (силовые постоянные) и макроскопические (компоненты тензоров упругих жесткостей) упругие характеристики. Показано, что углеродные 2D-супракристаллы в ряде случаев оказываются более привлекательными для планарной наноэлектроники материалами, чем графен и графан. Аналогичные исследования, проведенные для 3D-супракристалла (C)_{СТО}, показали, что его упругие свойства соизмеримы с соответствующими характеристиками алмаза, что позволяет рекомендовать его для использования в наноакустоэлектронике.

В рассматриваемых 2D-супракристаллах могут распространяться плоские упругие волны, в общем случае – квазипродольная и квазипоперечная. Для отыскания их скоростей и направлений чистых мод достаточно вычисленных модулей упругости и плотности среды. Помимо указанных в 2D-супракристаллах могут распространяться волны с перпендикулярной к плоскости листа поляризацией. Что касается углеродного 3D-супракристалла (C)_{СТО}, то скорости упругих волн в нем выше аналогичных в алмазе даже несмотря на то, что его упругие характеристики несколько хуже. Это связано с его более рыхлой структурой.

За неимением экспериментального материала по исследуемым супракристаллам, полученные данные носят оценочный характер.

Работа поддержана Правительством Ульяновской области.

Литература

1. Браже Р.А., Каренин А.А. 2011 Изв. ВУЗов. Поволжский регион. Физ.-мат. науки. 18 105.
2. L.P. Biry, G.I. Mark et al. 2004 Carbon. 42 2561.
3. Браже Р.А., Каренин А.А., Кочаев А.И., Мефтахутдинов Р.М. 2011 ФТТ. 53 1406.
4. Браже Р.А., Каренин А.А., Кочаев А.И. 2011 ФТТ. 53 1614.

ПОВЕРХНОСТНАЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ УГЛЕРОДНЫХ ПЛАНАРНЫХ И НАНО- ТУБУЛЯРНЫХ СУПРАКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР

В.С. Нефёдов, Р.А. Браже

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

Предложен принципиально новый метод численного расчета поверхностной теплопроводности однослойных 2D листов и нанотрубок. В этом методе используется двумерная теплоемкость, основанная на модели Дебая [1] и двумерная модель теплопроводности. Численными методами рассчитаны температуры Дебая, длины баллистичности, коэффициенты теплопроводности супракристаллических 2D листов и углеродных нанотрубок с разными видами супраячеек [2] и графеновых нанотрубок (рис. 1, 2).

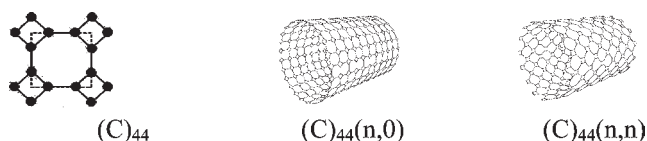


Рис. 1. Пример супракристаллической углеродной нанотрубки с супраячейкой (C)₄₄.

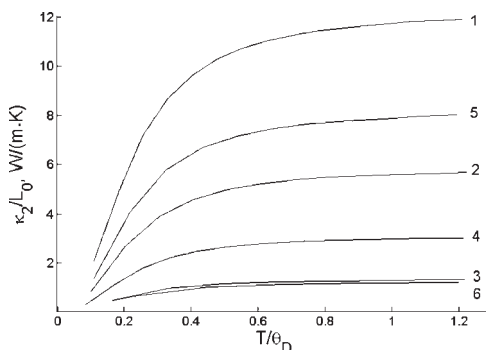


Рис. 2. Температурная зависимость двумерной теплопроводности на единицу длины углеродных супракристаллических нанотрубок в сравнении с графеновой нанотрубкой: 1 – (C)₆, 2 – (C)₄₄, 3 – (C)₆₃₍₆₎, 4 – (C)₆₃₍₁₂₎, 5 – (C)₆₆₄, 6 – (C)₆₃₄.

Литература

1. Иродов И. Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике / И. Е. Иродов. – М.: Атомиздат, 1976. – 232 с.
2. Браже Р. А. Супракристаллические нанотрубки / Р. А. Браже, А. А. Каренин // Радиоэлектронная техника: межвузовский сб. науч. тр. – Ульяновск, 2010. – С. 148-155.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ КОМПЛЕКСА ГЕЛЯ ПОЛИМЕТАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ С ФЕРРОИНОМ

Е.В. Плетминцева, И. А. Малышкина

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова,
Физический факультет, 119991 Москва, Воробьевы горы,
e-mail: pletmintseva@poly.phys.msu.ru

В работе исследованы диэлектрические свойства высушенных гелей на основе полиметакриловой кислоты. Образцами являлись гель с полностью ионизованными группами (ПМАК- Na) и комплекс ПМАК с ферроином (ПМАК*ферроин). Данная система может применяться в качестве окислительно-восстановительного индикатора изменения кислотности в аналитической химии. Было изучено комплексообразование ПМАК с ферроином и исследовано влияние комплекса на проводимость и релаксационные процессы.

Были получены диэлектрические спектры образцов ПМАК- Na и ПМАК*ферроин методом диэлектрической спектроскопии в широком температурном (от -50 до 100 °C) и частотном (от 10^{-1} до 10^7 Гц) диапазонах. Было обнаружено, что вклад проводимости для ПМАК- Na более существенен, чем для образца ПМАК*ферроин, что подтверждает образование комплекса. Наблюдаемые значения проводимости для ПМАК- Na на 3 порядка выше, что связано с наличием ионной проводимости, носители заряда – ионы Na^+ и некоторое количество ионов, содержащихся в воде, захваченной из воздуха. Показано, что для ПМАК- Na наблюдается диэлектрический релаксационный процесс и релаксация проводимости, а для образца ПМАК*ферроин – диэлектрический релаксационный и нерелаксационный процессы.

Были рассчитаны энергии активации диэлектрических процессов. Они составили 1,6 эВ для ПМАК- Na и 0,9 эВ для ПМАК*ферроин. Для ПМАК*ферроин диэлектрический релаксационный процесс смещается в область низких температур, а его энергия активации уменьшается в два раза, что свидетельствует об изменении типа релаксирующих групп. Нерелаксационный процесс характеризуется максимумом диэлектрической проницаемости при температуре 20-30 °C, амплитуда которого снижается с увеличением частоты. Вероятно, это связано с окислением железа и формированием нового типа комплекса.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАСПЛАВЛЕННОГО КОРИУМА С НАТРИЕВЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

Н.А. Ртищев, В.И. Мелихов

МЭИ, e-mail: rtishchevna@gmail.com

В настоящее время в нашей стране развернуты работы по быстрым реакторам БН-800/1200. В связи с этим становится актуальной задача создания расчетных кодов для моделирования различных стадий тяжелых аварий на этих реакторах. С точки зрения безопасности реакторных установок, одним из важных и малоизученных явлений является термическое взаимодействие расплавленного кориума с теплоносителем [1]. Взаимодействие кориума с охладителем при определенных условиях может протекать взрывным образом (так называемый, паровой взрыв) с ростом давления до сотен атмосфер, что представляет угрозу целостности защитной оболочки.

Ключевым явлением первой фазы парового взрыва (начальное грубое перемешивание) является фрагментация расплава. В коде VAPEX-БН реализована концепция двухступенчатой фрагментации. Согласно этой концепции, первичная фрагментация – это процесс распада струи, выражающийся в уносе массы с её поверхности. Вторичная фрагментация – последующая фрагментация капель расплава, образовавшихся в ходе фрагментации струи.

Для определения скорости фрагментации струи используется корреляция Саито, определяющая отношения длины полного распада струи к ее первоначальному диаметру. Предполагается, что диаметр фрагментирующей струи уменьшается линейно по высоте, а унос массы происходит равномерно со всей поверхности струи.

Образующимся в результате фрагментации струи расплава каплям приписывается начальный диаметр, величина которого равна локальному значению диаметра струи. Далее на каждом шаге по времени вычисляется текущее локальное число Вебера капли, и если оно превосходит критическое число Вебера (обычно используется $We_{crit} = 12$), то диаметр капли соответствующим образом уменьшается.

Разработанная модель позволяет описывать термическое взаимодействие расплавленного кориума с натриевым теплоносителем при плавлении активной зоны в реакторных установках с натриевым теплоносителем.

Данная работа была выполнена при финансировании в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг. по государственному контракту №14.740.11.0093 от 08 сентября 2010 года.

Литература

1. Experimental Facilities for Sodium Fast Reactor Safety Studies. OECD Nuclear Energy Agency. NEA/CSNI/R(2010)12. 2011. 140 P.

СИНХРОНИЗАЦИЯ КОЛЕБАНИЙ, ВОЗБУЖДЕННЫХ СОБСТВЕННЫМИ ШУМАМИ В КЛИСТРОННОМ АВТОГЕНЕРАТОРЕ

С.А. Садовников

Саратовский государственный университет им Н.Г. Чернышевского,
e-mail: sadovnikovsa@gmail.com, zzfz@inbox.com

Приводятся данные по экспериментальному исследованию синхронизации внешним гармоническим сигналом резонансного отклика, индуцированного собственными шумами в клистронном автогенераторе. Показано, что внешний сигнал приводит к существенному уменьшению уровня шумов и повышению отношения сигнал/шум на выходе регенеративного клистронного усилителя.

Для проведения исследований была собрана специальная измерительная установка. Режим работы клистронного автогенератора ниже порога возбуждения (режим регенеративного усиления) устанавливается с помощью управляющих параметров – ускоряющего напряжения, тока пучка клистрона и затухания в цепи обратной связи, вводимого с помощью аттенюатора. Величина резонансного отклика, инициированного собственными шумами системы, регулируется ускоряющим напряжением и соотношением величины рабочего тока к пусковому. Внешний синхронизирующий гармонический сигнал регулируемой амплитуды и частоты вводится в кольцо обратной связи через тройник. Для анализа выходного сигнала системы применялась современная цифровая измерительная аппаратура Agilent Technologies, обработка результатов проводилась на компьютере.

При достаточной амплитуде внешнего сигнала начиная с некоторой расстройки происходит синхронизация, заключающаяся в подавлении шумового отклика системы и усилении внешнего сигнала. В результате соотношение сигнал-шум на выходе такого регенеративного усилителя увеличивается. В случае каскадного соединения двух клистронов уровень собственных шумов системы значительно выше, как выше и усиление внешнего сигнала и соотношение сигнал-шум на выходе.

Предложенная схема может быть использована как генератор белого шума средней мощности, в котором возможна реализация импульсного режима работы при подаче внешнего импульсного синхронизирующего сигнала.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (проекты № 11-02-00057 и № 11-02-00047) и в рамках президентской программы поддержки ведущих научных школ РФ (проект № НШ-1430.2012.2).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯ ДЛЯ МАГНИТА ФИЗИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Н.В. Смирнова, И.Г. Волошина, И.П. Юдин

Объединенный институт ядерных исследований,
г. Дубна, Московская обл., Россия, e-mail: yudin@jinr.ru

В настоящей работе рассматривается задача магнитостатики – задача вычисления трехмерного распределения магнитного поля. Алгоритм численного решения краевой задачи дан интегральной постановке. Дается краткое описание методики расчета. Приведены результаты расчетного распределения поля анализирующего магнита с зазором 13 см для эксперимента «Дельта-Сигма-Т» (ЛФВЭ ОИЯИ, г. Дубна). На основании полученных результатов составлено техническое задание для проведения измерений карты поля магнита спектрометра. Расчет проведен для объема, перекрывающего объем измерений.

В работе приведена схема экспериментальной установки и схема магнитной системы. Анализирующий магнит с межполюсным зазором 0,13 м, имеет внешние размеры 2,95 м x 2,12 м x 1,62 м и апертуру 0,30 м x 0,13 м. Межполюсный зазор 0,13 м является новым для установки. Ранее использовался зазор 0,10 м.

Результаты расчетов магнитного поля представлены для различных уровней поля (для различных токов в обмотке) как для медианной плоскости так и для плоскостей вблизи полюсов магнита. Расчетные данные хорошо совпадают с экспериментальными, что продемонстрировано на многочисленных графиках для величин 0,824 Тл, 1 Тл, 1,266 Тл и 1,5 Тл.

В рамках эксперимента планируется продолжать начатые ранее измерения энергозависимостей спин-зависимых NN-наблюдаемых разности полных пр-сечений σ_{LT} и одновременно с ними провести измерения энергозависимостей коэффициентов спиновых корреляций для процесса упругого пр-рассеяния назад (в с.ц.м.).

Получена карта магнитного поля с ячейками 2 x 2 x 2 см. В работе дано детальное описание трехмерного распределения магнитного поля. Выявлена область однородности магнитного поля. Знание реального (неоднородного) распределения магнитного поля на установке крайне необходимо для постановки эксперимента и последующей обработки полученных на установке физических данных. Выбор работы в интегральной постановке связан с возможностью проводить вычисления на сетке только внутри ферромагнитного сердечника. Результаты используются для проведения компьютерного моделирования установки и будут применены при обработке полученных в ходе эксперимента физических данных.

НЕЛИНЕЙНЫЙ АНАЛИЗ ТРЕКОВ В ПОЛЕ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО МАГНИТА

Н.В. Смирнова, В.Л. Смирнов, А.Е. Сячин, И.П. Юдин

Объединенный институт ядерных исследований,
г. Дубна, Московская обл., Россия, e-mail: yudin@jinr.ru

В работе приведен метод и численный алгоритм вычисления траекторий и величин интегралов магнитного поля вдоль траекторий заряженных частиц в сильно неоднородном поле спектрометра «NIS» ускорительного комплекса Нуклотрон Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна. Движение частицы с зарядом e в магнитном поле с индукцией B описывается уравнением Лоренца. Авторами написана программа, с помощью которой проведен нелинейный анализ треков распадных частиц с различными импульсами и различными условиями прохождения пучка через установку в реальном магнитном поле. Исследовано поведение частицы в магнитном поле в зависимости от начальной энергии и угла вылета из мишени.

Вычислены интегралы магнитного поля по всем траекториям в спектрометре для реальной модели поля и для модели прямоугольного однородного поля. Численным алгоритмом получен разброс этих величин при моделировании траекторий распадных частиц, проходящих через объем, занимаемый магнитным полем.

Основной элемент спектрометрической установки является поворотный магнит, в котором основная компонента поля направлена вверх, обеспечивая поворот частиц в горизонтальной плоскости. Величины интегралов поля участвуют в расчете восстановления импульсов регистрируемых распадных частиц.

В работе используется трехмерная карта магнитного поля магнита с межполюсным зазором 0,68 м, полученная из измерений и расчетным путем.

Схема физического эксперимента предполагает использование выведенного из ускорителя протонного пучка с энергией $T_p = 1 \div 4$ ГэВ, который налетает на жидководородную мишень размером 0,10 м по пучку и диаметром $\phi = 2,7$ см, расположенную между полюсами магнита в передней торцевой области. Распадные частицы – результаты протон-протонного взаимодействия вылетают из мишени и регистрируются детекторами внутри (минидрейфовые камеры) апертуры магнита и затем вне магнита (пропорциональные 2 м камеры). Знаки заряда частиц в конкретном распаде могут быть различными. Траектории распадных частиц рассчитывались аналитическими формулами и численным решением уравнения движения.

Полученные данные представляются в системе координат XYZ, в которой ось Z направлена по пучку налетающих на мишень первичных частиц, ось Y – перпендикулярно вверх к медианной плоскости, и ось X образует правую тройку

векторов. Началом системы координат является центр магнита.

Описана процедура восстановления импульса распадных частиц в предположении действия модели однородного поля и в модели реального поля. Приведено сравнение погрешностей восстановления импульса частиц в модели однородного поля с моделью реального поля. Сделана оценка времени счета в зависимости от требуемой точности вычислений. Программа, воспроизводящая предложенный алгоритм восстановления импульса, требует около 3 часов машинного времени для обработки 10^5 событий с шагом интегрирования вдоль оси Z 2 мм. При таких условиях относительная погрешность восстановления импульса составляет после второй итерации порядка 0.084% для протонов, имеющих импульс $P = 1 \text{ ГэВ} / c$. Увеличивая шаг интегрирования до 2 см, затраты времени обработки 10^5 событий уменьшаются до 20 минут, погрешность восстановления возрастает до 0,15%. Наиболее оптимальным по величине погрешности восстановления и затратам времени является выбор шага интегрирования 1 см: затраты времени – около 30 минут, погрешность – около 0,1%.

МОНИТОРИНГ ГРОЗОВЫХ СОБЫТИЙ МЕТОДОМ МЮОННОЙ ДИАГНОСТИКИ

Н.В. Толкачева, А.Н. Дмитриева, А.С. Михайленко, В.В. Шутенко,
И.И. Яшин

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
e-mail: NVTolкачева@mephi.ru

Одним из новых и перспективных методов исследований атмосферных явлений является мюонная диагностика, предназначенная для обеспечения непрерывного мониторинга и раннего обнаружения активных процессов в атмосфере Земли [1]. Метод мюонной диагностики основан на регистрации и анализе пространственно-угловых вариаций проникающей компоненты вторичных космических лучей – мюонов, которые генерируются в верхней атмосфере в результате взаимодействий первичных космических лучей с ядрами атомов воздуха и чувствительны к изменениям термодинамических параметров атмосферы. Для реализации данного метода используется мюонный годоскоп УРАГАН [2], который позволяет регистрировать мюоны с высокой угловой и пространственной точностью в широком диапазоне зенитных углов. В качестве количественной характеристики, отражающей изменение зенитно-азимутального распределения потока мюонов, используется вектор локальной анизотропии (указывает среднее направление прилета мюонов, регистрируемых детектором), а также вектор относительной анизотропии и его проекция на горизонтальную плоскость [3].

В докладе анализируется отклик потока мюонов на достаточно мощные грозовые события 2008 – 2011 гг. (67 событий). Показано, что в 82 % событий наблюдается реакция общего темпа счета мюонов на прохождение грозовой ячейки, а в 91 % событий изменение горизонтальной проекции вектора относительной анизотропии. Таким образом, результаты анализа 67 грозových событий продемонстрировали чувствительность потока мюонов к локальным грозовым возмущениям. Полученный результат свидетельствует о перспективности метода анализа пространственно-временных вариаций космических лучей в качестве инструмента для дистанционного мониторинга атмосферных явлений.

Работа выполнена на уникальных установках экспериментального комплекса Научно-образовательного центра НЕВОД при поддержке Министерства образования и науки РФ, ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», ФЦП «Исследования и разработка».

Литература

1. Н.С. Барбашина и др., Известия РАН. Серия физическая, т. 71, № 7, 2007, с. 1072.
2. Н.С. Барбашина и др., ПТЭ, 2008, № 2, с. 26.
3. D.A. Timashkov et al., Proc. 21th ECRS, Koshice, Slovakia, 338, 2008.

ФОРМИРОВАНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛИНИЙ В СПЕКТРЕ ДЖЕТОВ SS433

И.И. Хабибуллин, С.Ю. Сазонов

ИКИ РАН, e-mail: pechvogel@mail.ru

Галактический микроквazar SS433 – уникальный объект, единственный известный в Галактике, – массивная тесная двойная система с черной дырой $\sim 10 M_{\text{sun}}$, находящейся в постоянном сверхкритическом режиме аккреции газа, что приводит к наличию сверхкритического аккреционного диска и релятивистских джетов [1], доступных наблюдению по смещенным линиям излучения тяжелых элементов [2].

В данной работе впервые проводится детальное исследование влияния эффектов рассеяния внутри джетов на спектр выходящего излучения в линиях стандартного рентгеновского диапазона. Необходимость такого исследования следует из простых оценок поперечной оптической толщины джета по томсоновскому рассеянию (~ 0.1) и, что особенно важно, по резонансному рассеянию на электронных переходах в высокоионизованных атомах тяжелых элементов (~ 100 для разрешенных переходов в гелиеподобных ионах). Как следствие, важным становится эффект увеличения средней длины пути фотона до вылета из джета за счет многократных резонансных рассеяний, что приводит к увеличению вероятности рассеяться на «горячем» электроне и покинуть линию, уменьшая при этом ее интенсивность и образуя широкие крылья. Использование техники методов Монте-Карло для задач переноса излучения, позволило максимально точно смоделировать процесс формирования рентгеновских линий в спектре джетов, принимая во внимание мультиплетность наиболее важных из них, а также возможные отклонения от коронального приближения. В результате, были получены предсказания в отношении наблюдательных характеристик линий, имея ввиду разрешающую способность планируемых экспериментов (в частности, ASTRO-H). Также, помимо рассеяния внутри джета, мы рассмотрели ряд факторов, способных оказывать заметное влияние на линейчатый и непрерывный спектр системы в стандартном рентгеновском диапазоне (сателлиты, нутации и фотоионизация).

Литература

1. *Fabrika S.* The jets and supercritical accretion disk in SS433 // *Astrophys. Space Phys. Rev.* – 2004. – V. 12. – P. 1-152.
2. *Kotani T.* [et al.]. Iron-Line Diagnostics of the Jets of SS 433 // *Publ. of the Astronomical Society of Japan* – 1996. – V. 48. – P. 619-629.

ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА**Устные доклады****СВЕРХПРОВОДНИКОВЫЙ ОДНОФОТОННЫЙ
ДЕТЕКТОР НА ОСНОВЕ УЛЬТРАТОНКОЙ ПЛЕНКИ NbN**

П.П. Ан, М.А. Тархов, Г.Н. Гольцман

Московский Педагогический Государственный Университет,
Россия, Москва ул. М. Пироговская, д. 1, e-mail: an-prfl@rambler.ru

На основе ультратонкой пленки (~ 4 нм) нитрида ниобия создан сверхпроводниковый однофотонный детектор. Такие детекторы обладают рекордными характеристиками по сравнению с другими однофотонными счетчиками: большую скорость счета ($>10^8$ /сек), малый уровень темновых срабатываний (собственных шумов) (<10 /сек), высокую квантовую эффективность ($30\% \cong 1,33\mu\text{км}$) и малый джиттер (50 пс) [1]. Детектор представляет собой узкую полосу сверхпроводника шириной ~ 100 нм, изготовленную в виде меандра, для лучшего согласования с излучением. Механизм детектирования одиночных фотонов сверхпроводниковой наноструктурой объясняется в рамках модели «горячего пятна» [2], которая подразумевает: падающий фотон поглощается куперовской парой, один из электронов быстро передает энергию другим электронам, из-за чего образуется облако квазичастиц с энергией больше энергии щели Δ , что формирует так называемое «горячее пятно». Одновременно с этим, по сверхпроводнику протекает ток, плотность которого близка к критической. Из-за появления «горячего пятна» сверхток вытесняется к краям полоски, вследствие чего плотность тока, по бокам от горячего пятна, возрастает и, в конечном счете, становится больше критической. Это приводит к появлению нормальной области поперек полоски и появлению импульса напряжения на краях, который, пройдя через каскад усилителей, регистрируется на экране осциллографа и счетчиком импульсов. Затем энергия возбужденного электрона уменьшается вплоть до энергий Дебая, после чего, испустив фонон релаксирует до основного состояния, и сверхпроводимость восстанавливается. Такого типа детекторы уже находят свое применение в науке и технике, к примеру, в квантовой криптографии, тестировании интегральным микросхем на чипе, временной корреляции и др. [3,4].

Литература

1. *G.N. Goltsman et al.*, Journal of Modern Optics, 1362-3044, Volume 56, Issue 15, 2009, pp. 1670 – 1680.
2. *A.D. Semenov, G.N. Goltsman, A. Korneev*, Physica C 351 (2001) pp. 349-356.
3. *Benjamin Miquel and Hiroki Takesue*, New J. Phys. 11 (2009) 045006.
4. *Martin J. Stevens et al.*, Appl. Phys. Lett. 89, 031109 (2006).

ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРУЕМЫЕ ПЕРИОДИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ НА ПОВЕРХНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ

К.Х. Ашиккалиева, О.Н. Каньгина

Оренбургский государственный университет, e-mail: kuralai1986@mail.ru

Монокристаллический кремний (МК) – основной материал современной микроэлектроники. В настоящее время растет интерес к лазерному структурированию поверхности МК, основанному на самоорганизации поверхности и возникновении спонтанно упорядоченных структур [1,2]. Лазерный метод структурирования поверхности кремния может выступать альтернативой проекционным методам литографии, которые базируются на использовании масок и являются трудоемкими и дорогостоящими.

Цель настоящей работы – изучить модификации поверхности монокристаллического кремния под влиянием лазерного излучения. МК ориентации (111) облучали импульсным излучением IAG:Nd⁺³ лазера. Варьируемым параметром выбрано количество импульсов.

По данным оптической микроскопии выявлено, что от 1000 до 3000 импульсов происходит частичное оплавление поверхности кремния. С увеличением числа импульсов в расплаве кремния происходит формирование периодических структур, представляющих собой пирамидальные структуры (ПС). Первоначально образуются одиночные ПС, с увеличением числа импульсов происходит эволюция данных структур – ПС образуют скопления, площадь которых увеличивается с ростом числа импульсов (рис. 1).

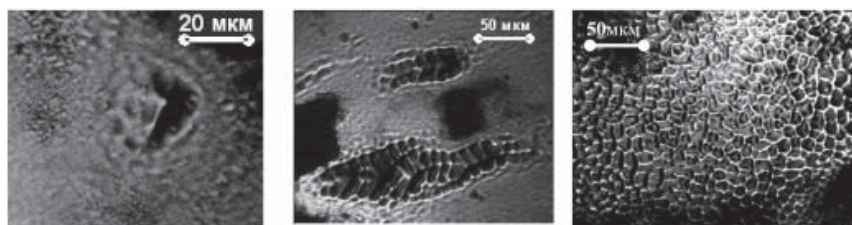


Рис. 1. Эволюция ПС на поверхности кремния под импульсным лазерным излучением.

Таким образом, показана возможность формирования спонтанно упорядоченных структур на поверхности МК под действием лазерного излучения. Данный метод, отличающийся простотой обработки и низкой стоимостью, при подборе конкретных условий может быть использован для структурирования кремниевых подложек в микроэлектронике.

Литература

1. Герасименко Н.Н., Пархоменко Ю.Н. Кремний – материал нанoeлектроники Москва: Техносфера, 2007. – 352 с., 3 с.
2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2007, 416 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЛОЖНОГО ОКСИДА ЖЕЛЕЗА ДЛЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

А.В. Бабич, В.Ю. Науменко, И.И. Резников

РНИМУ, e-mail: gorukirirukuko@inbox.ru

Инновационные методы мониторинга состояния здоровья в целом и диагностики отдельно взятых систем человеческого организма предоставляют современным ученым колоссальные объемы знаний в областях медицины, биологии, химии и физики метаболических процессов. Индивидуализация параметров терапевтических процедур согласно реальным клиническим картинам с помощью применения наноструктурированных диагностических материалов способствует увеличению продолжительности человеческой жизни, качества лечения и эффективности «предохранительной» медицины.

Сегодня ученые активно занимаются проблемами, связанными с медицинской визуализацией. Использование в качестве инструментов диагностики подобного рода стабильных магнитных наночастиц представляется весьма перспективным ввиду проявляемых квантово-размерных эффектов, которые определяют их необычные физические свойства, например суперпарамагнетизм, или узкую линию флуоресценции [1]. Кроме того, существует возможность поведения контроля этих свойств путем изменения размеров, формы, структуры и состава покрытия магнитных нанокластеров. Выбор материала наноинструментов медицинского воздействия должен быть продиктован повышенными требованиями к их безопасности и биосовместимости.

Особый интерес в качестве средств контрастной визуализации представляют наночастицы сложного оксида железа, проявляющие как супермагнитные свойства, так и флуоресцентные свойства. При этом они достаточно просто синтезируются, легко обнаруживаются магнитно-резонансными и флуоресцентными микроскопическими методами. **Целью** данной работы являлась разработка методики медицинской визуализации, основанной на применении суперпарамагнитных наночастиц сложного оксида железа и их выявлении магнитно-резонансными и оптическими визуализационными методами при взаимодействии с биологическими объектами.

Материалы и методы. Коллоидный раствор наночастиц сложного оксида железа, полученный химическим методом осаждения из раствора, содержал в себе наночастицы со средним диаметром ядра 4,8 нм. Средний диаметр и распределение наночастиц в растворе по размерам контролировались методом просвечивающей электронной микроскопии [2].

Для определения магнитных свойств коллоидного раствора были получены

спектры ЭПР экспериментальных образцов, содержащих наночастицы сложного оксида железа в различных концентрациях. В качестве биологических объектов для внесения и наблюдения за токсическим воздействием наноструктур были выбраны клетки линии HeLa. Клетки культивировались в присутствии наночастиц. Для различных концентраций наноконплексов сложного оксида железа были получены данные по пролиферативной активности методом МТТ при разных временах инкубации.

Присутствие наночастиц в клетках фиксировалось с помощью люминесцентного микроскопа фирмы Carl-Zeiss AxioPlan-2 (разрешение 1030x1030) при использовании светофильтра $\lambda=554$ нм при облучении УФ на длине волны 320 нм.

Результаты. Экспериментально доказано, что исследуемые устойчивые дисперсные жидкости обладают парамагнитными свойствами. Установлено, что интенсивность спектра ЭПР коллоидного раствора наночастиц уменьшается при разведении исходного образца. Резонансное значение вектора магнитной индукции для образца с исходной концентрацией наночастиц равно 0,33 Тл.

Экспериментально получено, что в цитоплазме данных клеточных структур с сохранением их нормальной формы наночастицы оксида железа флуоресцируют в узком диапазоне длин волн, проявляя свойства квантовых точек, и тем самым создают дополнительные диагностические возможности, которые могут реализоваться при гистологических исследованиях. Было показано, что при концентрациях наночастиц менее 0,3 г/л раковые клетки полностью сохраняют свою метаболическую активность, на протяжении 7 дней инкубации в CO_2 инкубаторе при 37° С. Работы по созданию диагностической методики продолжаются.

Литература

1. Акопджанов А.Г., Бабич А.В., Быков И., Науменко В.Ю., Сергеев А.И., Шимановский Н.Л., Юрков Г.Ю., Биомедицинская радиоэлектроника. – 2011, N 9. – С.28-36.
2. Бабич А.В., Науменко В.Ю., Шимановский Н.Л., Акопджанов А.Г., Снегирева Н.С., Магнитно-контрастные и флуоресцентные свойства коллоидного раствора наночастиц сложного оксида железа. Сборник тезисов ЗЕКМФ Мед. Физика 2010.

ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ НА КНС-ПОДЛОЖКАХ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ СУБЛИМАЦИИ КРЕМНИЯ В СРЕДЕ ГЕРМАНА

С.А. Матвеев, С.А. Денисов, В.Ю. Чалков, В.Г. Шенгуров

Научно-исследовательский физико-технический институт Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (НИФТИ ННГУ),
Нижний Новгород, e-mail: matveevsa.sou@gmail.com

Структуры кремний на сапфире (КНС) являются наиболее востребованными в современной микро- и оптоэлектронике. Высокие изолирующие свойства такой подложки позволяют значительно улучшить параметры интегральных схем (быстродействие и устойчивость к различного рода излучениям). С другой стороны использование слоев твердых растворов SiGe на Si существенно расширяет функциональные возможности и область применения традиционной кремниевой электроники за счет большей подвижности носителей заряда в Ge по сравнению с Si. Объединение этих двух технологий позволит улучшить характеристики интегральных схем, включая и их радиационную стойкость.

В работе для эпитаксиального выращивания в одном технологическом цикле гетероструктуры (ГС) SiGe на КНС-подложках был применен метод осаждения кремния из сублимирующего источника в среде газа германа (GeH_4), напускаемого в камеру роста до давления $2\div 4 \cdot 10^{-4}$ Торр. Процесс роста включал предэпитаксиальный высокотемпературный отжиг подложки сапфира ($1\bar{1}02$) при температуре 1400°C и базовом давлении остаточных газов $< 10^{-7}$ Торр в течение 30 минут, снижение ее до температуры 700°C и выращивание тонкого (50-100 нм) слоя кремния, последующее снижение температуры до $325\div 500^\circ\text{C}$ и выращивание слоя $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ с $x = 15\div 20\%$ и толщиной ~ 100 нм.

Исследование структурного совершенства слоев $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ методами электронографии и рентгеновской дифракции показало, что слои растут монокристаллическими в указанном интервале температур. Лишь при максимальной температуре роста (500°C) в слоях $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ наблюдаются двойники, в остальных случаях они отсутствуют. Слои $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ имели ориентацию (100). Ширина (FWHM) кривой качания рентгеновской дифракции от слоев $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ составляет $23\div 45$ угл. мин и всегда меньше, чем от подслоя Si. Слои $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ по данным атомно-силовой микроскопии были достаточно гладкими: $\text{RMS} \approx 1,0\div 3,9$ нм, причем RMS снижается при уменьшении температуры роста. В докладе также приводятся результаты исследования электрических параметров ГС SiGe/Si на КНС-подложках.

ПЫЛЕВАЯ ПЛАЗМА КАК НОВЫЙ СПОСОБ ВСЕСТОРОННЕЙ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ МИКРО- И НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ДЛЯ БИМЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

А.В. Семенов, А.Д. Хахаев, А.И. Щербина, А.А. Величко

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия
Научно-образовательный центр «Плазма», Петрозаводск, Россия
185910, Республика Карелия, Петрозаводск, ул. Университетская 10А, каб. 111,
e-mail: alexsem26@gmail.com, semenov@mpe.mpg.de

Цель данной работы состояла в анализе степени воздействия плазмы на поверхность частиц, составлявших упорядоченную плазменно-пылевую структуру, методами сканирующей атомно-силовой и электронной микроскопии.

В ходе данных исследований были обнаружены факты разрыхления поверхности и увеличения размера микронеровностей поверхности. Размеры образовавшихся углублений были приблизительно одинаковы и присутствовали на всей площади поверхности частиц. Их величина возрастала с увеличением времени экспонирования частиц в плазме. Все это говорит о том, что условия экспонирования приводят к заметной модификации поверхностной и внутренней структуры частиц в разряде. В исследованиях использовались два вида частиц полимера меламинформальдеида (MF-R) с аттестованными одинаковыми размерами $4,86 \pm 0,07$ мкм и $4,7 \pm 0,08$ мкм.

Были разработаны новые методики анализа частиц с помощью атомно-силовой и электронной микроскопии, выработаны критерии сравнения и измерения наноразмерных объектов на поверхности самих частиц. Специальными приемами нам удалось достаточно долгое время удерживать, погруженные в плазму частицы. Отдельно была разработана технология поимки и фиксации, погруженных в плазму частиц, для дальнейшего их исследования после выключения разряда плазмы.

Результаты исследований показали возможность применения данного способа модификации поверхности частиц для ряда задач в сфере биомедицины и фармакологии.

Данное исследование проведено в рамках проекта Научно-образовательный центр по фундаментальным проблемам приложений физики низкотемпературной плазмы (RUX0-013-PZ-06), поддерживаемого Министерством образования и науки РФ, Американским фондом гражданских исследований и развития (CRDF) и Правительством Республики Карелия. А также совместно с институтом Внеземной физики общества им. Макса Планка в Германии.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС РЕГИСТРАЦИИ И РАСПОЗНАВАНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО СПЕКТРА ДЛЯ ЭМИССИОННОЙ ТОМОГРАФИИ МАГНЕТРОННОГО РАЗРЯДА В ДЕЙТЕРИИ

В.И. Тройнов, А.М. Зимин

105005, Москва, 2-ая Бауманская ул., д. 5, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
e-mail: lud2002@bmstu.ru

Параметры плазмы магнетронного разряда, развивающегося в скрещенных электрическом и магнитном полях, существенно зависят от координат. Для регистрации и оперативной обработки пространственных зависимостей излучательной способности дейтериевой плазмы измерительно-вычислительный комплекс на основе четырехканального спектрометра AvaSpec-2048, разработанный в МГТУ им. Н.Э. Баумана [1], был оснащен двухкоординатной системой перемещения приемника излучения в вакуумной камере с шагом до 0,2 мм и настроен на автоматическую регистрацию излучения с различными временами интегрирования. По данным [2] был разработан электронный атлас электронно-колебательно-вращательных переходов для дейтерия, а в среде MATLAB создан специализированный пакет программ, позволяющий производить оперативное распознавание и обработку молекулярного спектра. В результате анализа идентифицированы молекулярные полосы, соответствующие электронным системам $d^3\Pi_u - a^3\Sigma_g^+$, $EF^1\Sigma_g^+ - B^1\Sigma_u^+$ дейтерия, а также атомные линии серии Бальмера.

Распределения интенсивности излучения в пространстве, построенные по атомным линиям и по молекулярному спектру, хорошо коррелируют друг с другом, что свидетельствует о присутствии атомов и молекул во всей области разряда. Отчетливо виден «провал» интенсивности на оси разряда, связанный с его тороидальной геометрией. Симметрия полученных зависимостей позволила применить к ним преобразование Абеля и получить распределения интенсивности излучения по радиусу разряда.

Полученные пространственные распределения излучательной способности позволили оценить температуру возбуждения атомных уровней, а также вращательные и колебательные температуры, характеризующие состояние дейтериевой плазмы, и могут быть использованы для построения физической модели магнетронного разряда.

Литература

1. Градов В.М., Зимин А.М., Кривицкий С.Е., Шумов А.В. Автоматизированный спектрометрический комплекс для диагностики плазмы магнетронного разряда // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез. 2009. Вып. 1.
2. Freund R.S., Schiavone J.A., Crosswhite H.M. The Electronic Spectrum and Energy Levels of the Deuterium Molecule // J. Phys. Chem. Ref. Data. 1985. Vol. 14. № 1.

УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ ПРИ КИПЕНИИ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ НА НЕОГРАНИЧЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОМОЩИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

А.А. Яновский, А.Я. Симоновский

Ставропольский государственный университет, e-mail: a.a.yanovskiy@yandex.ru

Жидкие намагничивающиеся коллоидные наносистемы (магнитные жидкости) были синтезированы в 60-х годах прошлого века и к настоящему времени нашли достаточно широкое практическое применение в качестве герметизаторов для вращающихся валов, в устройствах сепарации немагнитных материалов, демпфирующих и акустических устройствах.

Интерес к процессам теплообмена при кипении магнитной жидкости и влиянию магнитного поля на данные процессы обусловлен применением магнитной жидкости в качестве закалочной среды [1] и возможным применением в качестве теплоносителя в теплообменных аппаратах. В данной работе экспериментально исследуется влияние однородного постоянного магнитного поля на теплообмен при стационарном кипении магнитной жидкости на неограниченной плоской горизонтальной поверхности с точечным подводом тепла.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Магнитная жидкость (1) заливалась в цилиндрический контейнер (2), выполненный из кварцевого стекла и установленный на теплоотдающей стальной пластине (3), на которой происходило кипение магнитной жидкости. Тепло подводилось к центральной части теплоотдающей пластины точно, стержнем (4) диаметром 4 мм. Теплоотдающая пластина была изготовлена из немагнитного материала. Для регистрации температуры теплоотдающей поверхности и определения теплового потока к жидкости вдоль стержня (4) на расстоянии 5 мм друг от друга устанавливались спай двух хромель-копелевых термопар (5). При помощи верхней термопары фиксировалась температура теплоотдающей поверхности (3). На теплоподводящем стержне (4) устанавливался электронагреватель (6) с бифилярно выполненной обмоткой для компенсации собственного магнитного поля обмотки нагревателя. Контейнер с жидкостью помещался в однородное постоянное магнитное поле катушек Гельмгольца (7), так чтобы центр парообразования на теплоотдающей поверхности находился в геометрическом центре катушек, вблизи которого поле будет однородным.

На основе полученных данных об измерениях температур различных точек теплоподводящего стержня были построены зависимости удельного теплового потока

от температуры теплоотдающей поверхности, при различном значении напряженности внешнего однородного постоянного магнитного поля.

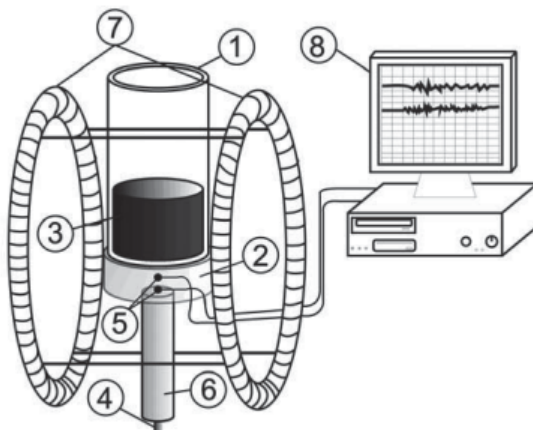


Рис. 1. Экспериментальная установка: 1 – стеклянный цилиндрический контейнер; 2 – стальная пластина; 3 – образец магнитной жидкости; 4 – теплоподводящий стержень; 5 – хромель-копелевые термопары; 6 – нагреватель с внешней теплоизоляционной обмоткой; 7 – катушки Гельмгольца; 8 – компьютер оснащенный платой аналого-цифрового преобразователя.

Анализ полученных зависимостей позволил установить, что однородное постоянное магнитное поле существенно влияет на теплообмен при кипении магнитной жидкости на неограниченной поверхности. При этом зависимость удельного теплового потока от величины внешнего магнитного поля при данном, фиксированном значении температуры теплоотдающей поверхности, носит немонотонный характер. При воздействии магнитного поля на процесс кипения, изменение величины удельного потока достигает 50 %, по сравнению с теплообменными процессами при кипении без воздействия магнитного поля.

Таким образом, проведенное экспериментальное исследование, позволяют сделать вывод о возможности управления тепловыми потоками при кипении магнитной жидкости на неограниченной поверхности с точечным подводом тепла при помощи однородного магнитного поля.

Литература

1. *Симоновский А.Я.* Проблемы тепло- и массопереноса в нанодисперсных магнитных жидкостях: монография/А.Я. Симоновский, О.А. Гришанина. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2010, – 296 с.

Стендовые доклады

ПОДЪЕМНОЕ УСТРОЙСТВО ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ РОТОРА ФЛЕТТНЕРА

Д.М. Арсениевич, А.В. Юрьев

«МАОУ Гимназия № 3», г. Саратов, e-mail: ar-corp@yandex.ru

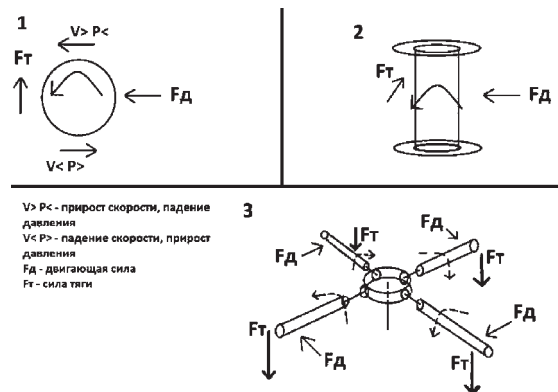
Согласно закону Бернулли сумма давлений сжимаемой среды в трубе с различным сечением постоянна, причем суммой является статическое и динамическое давления; последнее зависит от скорости течения среды. На основе данного закона было предложено два основных устройства динамического разделения среды на области низкого и высокого давлений. Они должны были создавать силу, действовавшую на эти устройства перпендикулярно относительно вектора течения среды, образуя «подъемную силу».

Первое устройство было получено Филиппом и основывалось на разряжении среды с помощью статичного тела, подобного капле, имевшего профиль с утолщенной передней кромкой и узкой задней. Оно используется в винтах судов, пропеллерах вертолетов, крыльях самолетов. Второе устройство было получено Флетнером и основывалось на разряжении среды с помощью вращающегося тела, подобного цилиндру, направленному перпендикулярно к вектору течения среде (рис. 1, 2). Оно используется в турбо мачтах судов, пропеллерах ветровых электростанций.

Очевидно, что оба способа имеют единую природу преобразования набегающего потока среды в «подъемную силу», что дает возможность сравнить их, выявляя преимущества и недостатки.

Данный проект рассматривает способ установки роторов Флетнера на место лопастей Филиппа несущего пропеллера вертолета с целью получения наилучших характеристик. Устройство состоит из двух основных частей: редуктора и роторов (рис. 3).

В связи с отсутствием материальной и технической базы устройство было создано из подручных материалов. В результате исследования в аэродинамической трубе было выяснено, что устройство обладает положительными характеристиками, и на наш взгляд может быть альтернативой стандартному пропеллеру вертолета.



ТЕСТИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ГАУССОВОЙ МОДЕЛИ «ПРОЛОГ» ПО ДАННЫМ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ В БУХТЕ ЧАЖМА

А.А. Киселев, С.А. Богатов

ИБРАЭ РАН, e-mail: aak@ibrae.ac.ru, sbg@ibrae.ac.ru

Одной из основных задач противоаварийного реагирования является оперативная оценка радиационной обстановки, ожидаемого облучения и эффективности проведения защитных мероприятий. В ИБРАЭ разрабатывается программный комплекс «ПРОЛОГ» [1], который предназначен для оценок кратковременных выбросов в атмосферу. В его основе лежит локальная гауссова модель распространения примеси [2], дополненная поправками для учета аэродинамической тени отдельно стоящего здания, орографии местности, полидисперсности загрязнителя, расчетом высоты подъема облака и его обеднения за счет сухого и влажного выведения примеси.

В данной работе рассматривается тестирование модели с введенными поправками на примере аварии ядерной энергетической установки атомной подводной лодки, которая произошла 10 августа 1985 г. в бухте Чажма (Приморский край) [3]. При прохождении ремонта на судоремонтном заводе произошла самоподдерживающаяся цепная реакция, энерговыделение при которой соответствовало 10^{19} ядерных делений. Выделение энергии было залповым, и основная часть радионуклидов содержалась в перегретой парогазовой смеси. В момент аварии преобладал юго-восточный ветер со скоростью 5 м/с, наблюдалась периодическая морось, категория атмосферной устойчивости по Пасквиллу – D.

Для расчета последствий рассматриваемой аварии использовались поправки для учета орографии местности и полидисперсности загрязнителя, поскольку проводимые ранее расчеты (с монодисперсной примесью и без учета орографии местности) не позволяли получить удовлетворительного согласия с экспериментальными данными. Учет полидисперсности загрязнителя проводился с использованием предположения, что основной загрязнитель при аварии, радионуклид ^{60}Co , содержался в каплях конденсата. Распределение капель по размерам соответствовало распределению капель в устье градирни. Для учета орографии местности использовался подход, представленный в работе [5].

Было проведено сравнение расчетных и измеренных в 1991 г. плотности выпадений и мощности дозы вдоль оси следа облака загрязняющего вещества. Измерения проводились вдоль оси следа с профилем рельефа, представленным на рис. 1. В ходе измерений было показано, что вклад ^{60}Co в формирование мощности дозы является доминирующим. С

помощью программного комплекса «ПРОЛОГ» был проведен расчет плотности выпадений на момент измерения. На рис. 2 представлены результаты расчета плотности выпадений и экспериментально полученные результаты. Также, в ходе измерений было показано, что на момент измерений произошло заглупление радионуклидов в почву, которое можно описать убывающей экспоненциальной зависимостью с характерной длиной 2 см. С учетом этого был проведен расчет мощности дозы, который приведен на рис. 1. Таким образом, используя комплексный подход для процесса распространения загрязняющего вещества в атмосфере, заложенный в программный комплекс «ПРОЛОГ», мы смогли удовлетворительно оценить последствия аварии атомной подводной лодки в бухте Чажма.

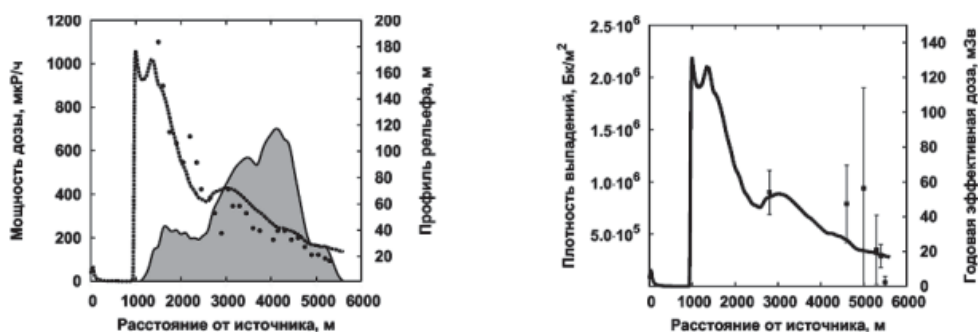


Рис. 1. Расчетные (прерывистая линия) и экспериментальные (точки) значения мощности дозы по оси следа на лето 1991 г. Заштрихованная область – профиль рельефа вдоль оси следа.

Рис. 2. Расчетные (сплошная линия) и экспериментальные (точки с погрешностями) значения плотности выпадений по оси следа (на лето 1991 г.) при активности выброса ^{60}Co $2,7 \cdot 10^{13}$ Бк.

Литература

1. Богатов С.А., Киселев А.А., Шведов А.М. Методические подходы для оценок радиационной обстановки, ожидаемого облучения и эффективности контрмер при кратковременных выбросах радиоактивных веществ в атмосферу в модели «ПРОЛОГ» (Часть 1). Препринт ИБРАЭ, №ИВРАЕ-2011-02, Москва, 2011 – 40 с.
2. Методика расчета рассеяния загрязняющих веществ в атмосфере при аварийных выбросах. РД 52.18.717-2009. Обнинск, ООО «ПРИНТ-СЕРВИС» – 2009.
3. Арутюнян Р.В., Данилян В.А., Высоцкий В.Л., Гичев Д.В., Киселев В.П., Максимов А.А., Павловский О.А., Саркисов А.А., Токарчук Д.Н. Анализ и оценка радиозологических последствий ядерной аварии в бухте Чажма. Препринт ИБРАЭ, №ИВРАЕ-98-09, Москва, 1998 – 63 с.
4. Cooling Tower Drift Dye Tracer Experiment. Environmental System Corporation, PPSP-CPCTP, 1977.
5. User's guide for the Industrial Source Complex (ISC3) dispersion models. Volume II – description of model algorithms. EPA-454/B-95-003b. US Environmental Protection Agency, September 1995.

ПОВЕДЕНИЕ ПАРОГАЗОВЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЯХ В ПЕРЕМЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Е.М. Клименко, А.Я. Симоновский

ГОУ ВПО «Ставропольский государственный университет»,
e-mail: klimenkoevgeniya@mail.ru

В настоящей работе приводятся результаты экспериментального изучения влияния переменных магнитных полей напряженностью менее 3 кА/м на тепловой поток и частоту образования парогазовых включений при кипении магнитной жидкости.

Объектом исследования является парожидкостная нанодисперсная намагничивающаяся система. Её получают посредством нагревания магнитной жидкости до состояния кипения. Дисперсной фазой в системе являются парогазовые включения. Роль несущей среды выполняла магнитная жидкость (МЖ). МЖ – магнетит в керосине с объёмной концентрацией дисперсной фазы 5,75% и плотностью 1040 кг/м³.

Частота образования парогазовых включений при кипении магнитной жидкости измерялась индукционным методом. Тепловой поток определяли с помощью системы термопар. В процессе нагрева показания датчиков регистрировались на мониторе компьютера. Компьютер работал в режиме осциллографа, с помощью аналого–цифрового преобразователя.

Измерения проводили в переменных магнитных полях с вектором напряженности, направленным перпендикулярно оси системы измерительных катушек (далее – горизонтальные переменные магнитные поля) и сонаправленным с осью системы измерительных катушек (далее – вертикальные переменные магнитные поля). Переменные магнитные поля создавались катушками Гельмгольца.

Наблюдения показали, что в вертикальных переменных магнитных полях в отличие от горизонтальных переменных магнитных полей, магнитная жидкость закипала при значительно более низкой температуре нагревателя. Появление парогазовых включений в вертикальных переменных магнитных полях фиксировалось при температуре нагревателя около 93⁰С (в горизонтальных переменных магнитных полях это происходило при 103⁰С). Частота образования парогазовых включений в вертикальных и горизонтальных переменных магнитных полях возрастала с увеличением температуры нагревателя. Было обнаружено, что в вертикальных переменных магнитных полях частота образования парогазовых включений относительно горизонтальных переменных магнитных полей увеличивалась на 26%.

Исследован характер поведения удельного теплового потока в горизонтальных и вертикальных переменных магнитных полях. Обнаружено, что во всем исследуемом

интервале напряженностей вертикальных переменных магнитных полей тепловой поток ведет себя, также как в горизонтальных переменных магнитных полях. Однако достигаемая величина удельного теплового потока в вертикальных переменных магнитных полях на 25% выше величины удельного теплового потока, достигаемого в горизонтальных переменных магнитных полях.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что переменное магнитное поле существенно влияет на поведение парогазовых включений в магнитных жидкостях. Из чего следует возможность эффективного управления процессами теплообмена в сложных парожидкостных намагничивающихся системах при помощи переменного магнитного поля.

АКУСТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГОРЕНИЕМ ГАЗОВЫХ ТОПЛИВ

М.С. Кривокорытов, В.В. Голуб

Объединенный институт высоких температур РАН, e-mail: ikhail.k@phystech.edu

Одной из важнейших научных и технических задач, связанных с процессом горения, является исследование эффектов ускорения или торможения пламени, которые могут быть использованы для управления скоростью сгорания топлива, регулирования выхода продуктов сгорания во множестве приложений, требующих управления скоростью горения. Основной эффект, вызываемый турбулизацией зоны горения – это увеличение площади поверхности пламени, что ведет к усилению таких ведущих для процесса горения факторов как теплопроводность и диффузия, дальнейшему развитию турбулентности и, в итоге, к значительному ускорению пламени. Одним из естественных путей гидродинамического влияния на область горения является воздействие акустическим полем.

В случае диффузионного горения, когда горючий газ истекает в окружающий воздух, звуковые волны взаимодействуют с огнем как непосредственно, так и косвенно. Косвенное взаимодействие происходит в области потока еще не прореагировавшего газа, независимо от особенностей пламени, и могут влиять на устойчивость потока [1]. Результатом акустического воздействия на диффузионное горение является множество эффектов, таких как снижение концентрации сажи [2] и оксидов азота [3] в продуктах горения, увеличение эффективности сгорания топлива [4]. Все вышеупомянутые явления носят резонансный характер, т.е. проявляются на определенных частотах акустического воздействия. Ответ на вопрос, от чего зависит резонансная частота воздействия, требует большего количества экспериментальных данных.

В работе исследовалось влияние акустических возмущений на характеристики диффузионного факела, получена зависимость концентрации оксидов азота и сажи в продуктах горения от частоты акустического воздействия, обнаружен эффект бифуркации факела.

Литература

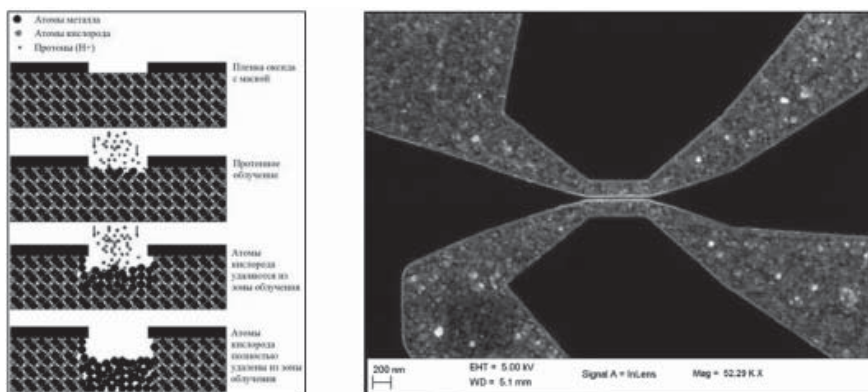
1. A. Kwang-Hua Chu, Stability of acoustic streaming flows in plane channels, PHYSICAL REVIEW E 68, 046305 (2003).
2. Saito M., Sato M., and Nishimura A. (1998) Soot Suppression by Acoustic Oscillated, Combustion, *Fuel*, 77, 973.
3. Jeongseog Oh, Pilwon Heo, Youngbin Yoon (2009) Acoustic excitation effect on NOx reduction and flame stability in a lifted non-premixed turbulent hydrogen jet with coaxial air, Int. J. of hydrogen energy, 34, 7851 – 7861.
4. Yoshida H., Koda M., Ooishi Y., Kobayashi K.P., and Saito M. (2001) Super-mixing combustion enhanced by resonance between micro-shear layer and acoustic excitation, Int. J. Heat and Fluid Flow, 22, 372.

СОЗДАНИЕ ВИСМУТОВЫХ НАНОПРОВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОТОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Д.В. Кутузов, Б.В. Гончаров

НИЦ «Курчатовский Институт», e-mail: kutuzov@irtm.kiae.ru

В Курчатовском Институте разработан и используется новый оригинальный метод создания нанопроводов [1]. Особенностью данного метода является возможность создавать элементы твердотельной электроники с заданными физическими свойствами и в соответствии с требуемой схемой размещения геометрическими параметрами и плотностью. В основе метода лежит воздействие ускоренных частиц на атомный состав материала. Под действием облучения происходят смещения атомов из равновесных положений и для каждого их сорта скорость смещения не одинакова, что позволяет целенаправленно изменять локальный химический состав мишени и, соответственно, физические свойства облученных элементов структуры. Требуемые форма и размеры элементов реализуется посредством использования литографической маски. Заданные структуры формируются в плоскости пленки исходного материала (в данном случае оксида) с образованием металлических нанопроводов, что обеспечивает малые токи утечки при высоком значении удельного электрического сопротивления исходного оксида. В данной работе висмутовые нанопровода были получены путем облучения оксида висмута протонами с энергией 800 эВ через литографическую маску из ПММА. Принципиальная схема процесса представлена на рисунке слева. Топология проводов и подводящих контактов показана на рисунке справа.



Были изготовлены металлические висмутовые провода длиной 0,5-0,7 мкм, шириной 150-200 нм, толщиной 15-20 нм в схеме пар с расстоянием между проводами 50-100 нм. Измерены электрические свойства полученных структур. Определены режимы облучения, при которых возможно создание изолированных пар нанопроводов на расстоянии 50 нм друг от друга.

Литература

1. Гурович Б.А., Приходько К.Е. УФН, 179, 179-195 (2009).

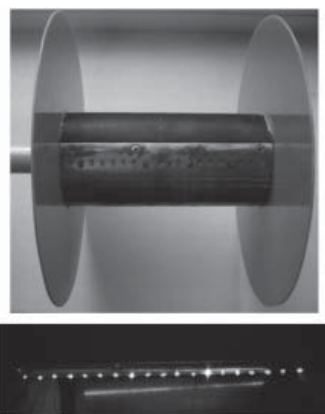
РЕГУЛЯРНАЯ СИСТЕМА ПЛАЗМЕННЫХ РАЗРЯДОВ НА ПОВЕРХНОСТИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В КВАЗИОПТИЧЕСКОМ ПУЧКЕ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ

П.Б. Лавров, А.А. Раваев

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

Целью данной работы явилась исследование и разработка метода создания локализованных СВЧ разрядов на поверхности обтекаемой модели для проверки нового способа управления пограничным слоем.

По условиям эксперимента необходимо было разработать систему инициаторов идентичных СВЧ разрядов, расположенных на поверхности диэлектрика с фиксированным шагом на близком расстоянии друг от друга и возбуждаемых от удаленного источника СВЧ излучения со средней мощностью не более 1 кВт. Численный эксперимент и испытания показали, что «классические» пассивные линейные вибраторы резонансной длины малопригодны для этой цели из-за сильно электромагнитного (ЭМ) взаимодействия друг с другом. Была предложена новая конструкция инициаторов на основе прямых вибраторов расположенных вблизи металлического экрана отражателя. Такая система при достаточно высокой добротности (низких пороговых полях СВЧ пробоя) обеспечивает более однородное распределение ЭМ поля в структуре и надежное зажигание системы так называемых глубоко подкритических стримерных СВЧ разрядов. Расстояние между инициаторами составляло 5-10 мм. При проведении контрольных экспериментов в аэродинамической трубе было доказано, что соответствующим образом организованная система разрядов влияет на развитие турбулентности за счет формирования на поверхности обтекаемой модели регулярной вихревой структуры. Метод позволяет изменять аэродинамические коэффициенты и «точку» отрыва потока на модели. При этом эффективность взаимодействия системы электромагнитных вибраторов с иницированными разрядами, как целого, с квазиоптическим СВЧ пучком высока, а требуемый для управления параметрами модели удельный вклад СВЧ энергии сравнительно мал.



Аэродинамическая модель с установленной системой инициаторов СВЧ разрядов.

РЕФРАКТИВНЫЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ ГЛОБУЛЯРНЫХ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ

А.О. Литвинова, В.С. Горелик

МГТУ им. Н. Э. Баумана, e-mail: litvinovaanechka@yandex.ru

В последние десятилетия повышенное внимание исследователей проявляется к изучению глобулярных фотонных кристаллов (ГФК), т.е. структур из периодически упорядоченных глобул превышающих атомные размеры [1, 2]. Характерным свойством является присутствие между глобулами пор, которые можно заполнить различными веществами, например, жидкостью.

В работе ставится задача создания рефрактивного сенсора на основе ГФК. На данный момент существуют отечественные и зарубежные аналоги сенсоров [3, 4].

Основное свойство ГФК заключается в высокой чувствительности спектра отражения к изменению показателя преломления ГФК при заполнении веществами.

Были проведены исследования на опалах с диаметрами глобул от 200 нм, заполненные разными веществами: этиловым спиртом, водой и др. В качестве источников вторичного возбуждения использовались галогеновая и дейтериевая лампы.

В результате было установлено, что при использовании метода соответствия спектров отражения исходного и заполненного опала, становится возможным определять тип введенного в поры молекулярного соединения.

Литература

1. *E. Yablonovitch*. Phys. Rev. Lett., 58, 2059, 1987.
2. *S. John*. Phys. Rev. Lett. 58, 2486, 1987.2.
3. *А.В. Крайский, В.А. Постников, Е.Е. Султанов, А.В. Хамидулин*. Голографические сенсоры для диагностики компонентов раствора // «Квантовая электроника», 40, №2(2010), стр. 178 – 182.
4. *V.L. Alexeev, S Das, D.N. Finogol, S.A. Asher*. Photonic crystal Glucose – Sensing material for noninvasive monitoring of glucose in tear fluid // Clinical Chemistry, Automation and analytical Techniques, 50:12 2353 – 2360 (2004).

APPLICATION OF 2D-CORRELATION SPECTROSCOPY METHOD FOR INTERPRETATION OF SPECTRA AND ENHANCING THE SPECTRAL RESOLUTION

Е.А. МАКСИМОВА, С.Б. ЛЕВИН

Санкт-Петербургский государственный университет,
физический факультет, кафедра вычислительной физики, e-mail: eama08@mail.ru

The idea of 2D-correlation spectroscopy appeared not long ago, so the number of publications in this field is not significant yet. 2D-correlation spectra consist of two orthogonal components - synchronal and asynchronal spectra. Both of them carry significant and independent information about the behavior of the studied system.

The aim of current work is to make acquaintance with the 2D-method for interpretation of spectra and enhancing the spectral resolution. Also, we considered the continuous approximation of spectral amplitude two-dimensional surface defined in the frequency-time surface:

where

$$\text{and } P(t) = \sum_{j=1}^{n_v} \frac{B_j}{(t - t_0^j)^2 + \eta_j^2}.$$

This kind of approximation is convenient from the point of view of analytical construction of 2D-correlation spectra. *For the approximation of the peaks, we used the Nelder-Mead method (simplex algorithm).* Furthermore, such a constructions will give opportunity to interpret more effectively complex processes being under study [1].

The aim of the current work is to construct two-dimensional correlation spectra for unconditioned set of basis functions for two time experimentally obtained dependencies for two frequencies.

Correlations obtained by using the discrete set of experimental data, proposed by Noda [2, 3] are the additional criterion for the quality of approximation.

References

1. M.V. Tonkov, N.N. Filippov, Chem. Fizika, 10(7), 922, (1991).
2. Isao Noda, Yukihiro Ozaki, Two-dimensional Correlation Spectroscopy – Applications in Vibrational and Optical Spectroscopy, England, 2004.
3. I. Noda, Appl. Spectrosc., 47, 1329 (1993).

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ЭПИТАКСИАЛЬНЫЙ РОСТ Ge НА Si(100) МЕТОДОМ ГОРЯЧЕЙ ПРОВОЛОКИ

С.А. Матвеев, С.А. Денисов, В.Ю. Чалков, В.Г. Шенгуров

Научно-исследовательский физико-технический институт Нижегородского государственного университета им. Н.И.Лобачевского (НИФТИ ННГУ),
Нижний Новгород, e-mail: matveevsa.sou@gmail.com

Возможность гетероэпитаксиального роста слоя чистого Ge на Si-подложках вызывает повышенный интерес в связи с развитием направления по интеграции электронных и оптоэлектронных приборов. Более высокая подвижность носителей заряда в Ge по сравнению с подвижностью в Si способствует использованию Ge в электронике. Кроме того, малая ширина запрещенной зоны в Ge (~0,8 эВ) делает возможным конструирование эффективных фотодетекторов, работающих на $\lambda = 1,3\div 1,55$ мкм. К тому же успешное выращивание Ge на Si обеспечивает виртуальную подложку для изготовления оптических приборов на базе GaAs, где Ge служит буферным слоем для выращивания GaAs на Si-подложках.

В данной работе приводятся результаты исследования условий низкотемпературного выращивания эпитаксиальных слоев Ge на подложках Si(100) методом разложения германа (GeH_4) на горячей проволоке (Ta) в высоком вакууме. После предварительного отжига подложки Si на её поверхность осаждаем буферный слой Si толщиной 0,1 мкм и затем при температуре подложки 300÷400°C растили слой Ge толщиной 0,2÷1 мкм. Для этого Ta полоску, расположенную вблизи подложки на расстоянии 3 см от неё, нагревали до температуры 1250°C и вводили в камеру роста GeH_4 до давления $(2\div 4)\cdot 10^{-4}$ Торр.

Проведенные исследования выращенных слоев Ge показали, что они были монокристаллическими. На электронограммах, снятых от их поверхности, наблюдались Кикучи-линии, а по данным рентгеновской дифракции ширина кривой качания на половине максимума составляет $\Delta\omega_{1/2} = 0,2\div 0,25^\circ$. Поверхность слоев была гладкой: по данным атомно-силовой микроскопии её шероховатость зависела от температуры роста и толщины слоев, $\text{RMS} = 0,56\div 10$ нм. Граница раздела между слоями Ge и Si была резкой по данным просвечивающей микроскопии и Оже-спектроскопии. Эти данные указывают, что выращенные нами слои Ge значительно лучше описанных другими исследователями ранее. В работе рассмотрен возможный механизм роста слоев Ge на Si(100).

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА В ТОНКИХ ПЛЁНКАХ ВИСМУТА, ЛЕГИРОВАННОГО ТЕЛЛУРОМ

Д.Ю. Матвеев, А.Н. Крушельницкий, В.М. Грабов

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,
e-mail: danila200586@mail.ru, ak.spb.ru@gmail.com

В работе представлены результаты исследования структуры, электрических и гальваномагнитных свойств тонких пленок висмута, легированного теллуром, на подложке из слюды мусковит, анализируются закономерности и особенности проявления размерного эффекта (на толщине пленки) в зависимости от концентрации легирующей примеси (0,005 ат. %, 0,05 ат. % и 0,2 ат. %), приводятся результаты расчета подвижности носителей заряда.

Структура поверхности плёнок исследована с помощью метода АСМ, который показал, что все плёнки легированного висмута имеют блочную структуру с ориентацией оси C_3 перпендикулярно плоскости подложки [1]. Установлено, что увеличение концентрации донорной примеси теллура не оказывает существенного влияния на кристаллическую структуру плёнок, но приводит к уменьшению размеров кристаллитов.

Измерение гальваномагнитных эффектов производилось в интервале температур 77-300К и магнитном поле до 0,65 Тл в стационарных условиях. На основе экспериментальных результатов рассчитана подвижность свободных носителей заряда. Расчёт концентрации электронов в легированном висмуте выполнен на основе квадратичного закона дисперсии[2].

На основе полученных результатов сделан вывод о том, что увеличение концентрации примеси теллура и уменьшение толщины плёнок $Bi(Te\ x\ ат. \%)$ приводит к уменьшению подвижности электронов. В плёнках $Bi(Te\ 0,005\ ат. \%)$ заметный вклад в гальваномагнитные эффекты вносят Т-дырки валентной зоны, что проявляется в положительном знаке Холла при малой толщине пленки, а в плёнках Bi с содержанием $Te\ 0,05\ ат. \%$ и $0,2\ ат. \%$ явления переноса обусловлены только L-электронами зоны проводимости [2].

Литература

1. Комаров В.А., Матвеев Д.Ю., Слепнев С.В., Басов А.В., Константинов Е.В. Структура и явления переноса в пленках висмута, легированных донорными и акцепторными примесями // Термоэлектрики и их применения // Доклады XII Межгосударственного семинара, Санкт-Петербург.: Изд. ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, 2011.С. 350-356.
2. Грабов В.М., Комаров В.А., Худякова И.И., Яковлева Т.А. Физика полуметаллов и низкоразмерных структур на их основе// Издательство РГПУ им. А.И. Герцена. – СПб, 2010. – 254 с.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ СЛОЯ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ С ДИСПЕРСИЕЙ МИКРОЧАСТИЦ ГРАФИТА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Л.С. Мкртчян, А.Ю.Шевченко, Ю.И. Диканский

Ставропольский государственный университет, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1;
e-mail: mkrt-levon@yandex.ru

Магнитные жидкости – высокодисперсные коллоиды однодоменных наночастиц ферро- или ферримагнитных материалов в несущей жидкости [1]. На основе магнитных жидкостей оказалось возможным создание новых композиционных сред, которые проявляют более заметную зависимость своих свойств от воздействия магнитных и электрических полей, чем сама жидкость. Ряд исследований был посвящен изучению возможности управления электрическими свойствами композитов на основе магнитной жидкости. Электрические свойства композиционных материалов созданных на основе магнитных жидкостей изучены достаточно подробно в существующей литературе [2]. При этом в гораздо меньшей степени исследованы закономерности электрических свойств тонких слоев данных материалов. В связи с этим в настоящей работе исследуется электрическая проводимость системы, в которой процессы структурообразования происходят под действием магнитного поля и не зависят от электрического.

В экспериментальных исследованиях применялась магнитная жидкость на основе керосина, содержащая наночастицы магнетита размером 10 нм стабилизированные олеиновой кислотой. Порошок микрочастиц графита был получен путем механического дробления, при этом средний размер частиц составлял ~10 мкм. Некоторое количество порошка добавлялось в магнитную жидкость для получения суспензии с определенным объемным содержанием графита. Затем данная суспензия перемешивалась при помощи ультразвука. Далее суспензия помещалась в измерительную ячейку, представлявшую собой два плоских прямоугольных медных электрода размером 27,4 × 20,6 мм с расстоянием между ними 200 мкм. Проводились измерения проводимости такой ячейки. Для этого она подключалась к измерительному мосту переменного тока с частотой измерительного сигнала 1 кГц. Величина измерительного электрического поля была весьма мала и не влияла на структурное состояние суспензии в ячейке. Для изучения влияния процессов структурообразования в суспензии на электрические параметры ячейки она помещалась между полюсами электромагнита в области однородного магнитного поля.

При заполнении ячейки исследуемой суспензией величина ее проводимости оказывалась на несколько порядков выше, чем проводимость ячейки заполненной магнитной жидкостью, не содержащей микрочастиц графита. Это свидетельствует о

наличии проводящих «мостов» из частиц графита между электродами даже в отсутствии упорядочивающего воздействия внешнего магнитного поля.

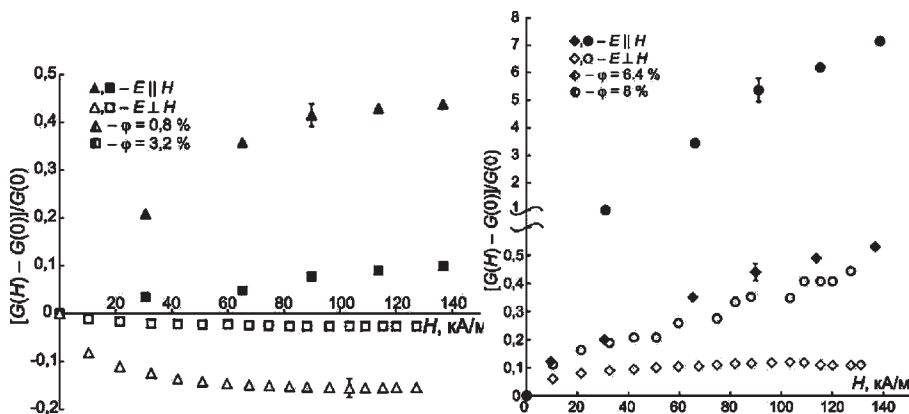


Рис. 1. Зависимости относительного изменения проводимости ячейки от величины напряженности внешнего магнитного поля при различных взаимных ориентациях магнитного и электрического полей и при низких концентрациях графита.

Рис. 2. Зависимости относительного изменения проводимости ячейки от величины напряженности внешнего магнитного поля при различных взаимных ориентациях магнитного и электрического полей и при высоких концентрациях графита.

Было обнаружено, что при воздействии магнитного поля сонаправленного с электрическим измерительным полем наблюдается возрастание проводимости ячейки. На рис. 1 и 2 представлены полученные экспериментальные зависимости относительного изменения проводимости ячейки, вызванного действием поля, от величины напряженности внешнего магнитного поля H , при различных значениях объемной концентрации графита φ . Как видно из рисунков, с увеличением напряженности магнитного поля проводимость ячейки нелинейно возрастает, стремясь к насыщению при высоких значениях напряженности. Видно также, что относительное изменение проводимости ячейки под действием поля тем значительнее, чем выше концентрация графита. В случае, когда внешнее магнитное поле перпендикулярно электрическому измерительному полю при малых концентрациях графита наблюдается убывание проводимости ячейки с увеличением напряженности магнитного поля (рис. 1). При больших же концентрациях графита воздействие перпендикулярного магнитного поля вновь приводит к возрастанию проводимости ячейки, которое, однако, гораздо менее выражено, чем в случае параллельных полей, и быстро выходит на насыщение с ростом напряженности магнитного поля (рис. 2).

Литература

1. Блум Э.Я., Майоров М.М., Цеберс А.О. Магнитные жидкости. Рига: Зинатне, 1989. 387 с.
2. Popplewell J., Rosensweig R.E. Magnetorheological fluid composites // J. Phys. D: Appl. Phys. 1996. – Vol. 29. – P. 2297–2303.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТЕКАНИЯ РАСПЛАВЛЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ АКТИВНОЙ ЗОНЫ И ВНУТРИКОРПУСНЫХ УСТРОЙСТВ РЕАКТОРОВ ВВЭР С ПОМОЩЬЮ КОДА СОКРАТ

А.А. Неверова, К.С. Долганов

ИБРАЭ РАН, e-mail: ann.neverova@gmail.com

Основным методом обоснования безопасности АЭС является численное моделирование аварий с использованием компьютерных кодов. В России для анализа тяжелых аварий на АЭС с ВВЭР применяется программный комплекс улучшенной оценки СОКРАТ, обеспечивающий сквозное моделирование физических процессов на всех стадиях развития аварийного процесса. Физико-математические модели и расчетные модули версии кода СОКРАТ/ВЗ позволяют согласованным образом описывать широкий спектр теплогидравлических, физико-химических, термомеханических и аэрозольных явлений как на внутрикорпусной стадии тяжелой аварии, так и после выхода расплава активной зоны за пределы корпуса реактора.

Важнейшим процессом, определяющим степень деградации активной зоны, и динамику формирования источника водорода, является плавление конструктивных элементов реакторной установки и стекание образующегося расплава. При этом роль этого процесса неоднозначна и меняется в ходе развития тяжелой аварии. С одной стороны, стекание приводит к перемещению окисляемого вещества из разогретой области и тем самым снижает скорость генерации водорода. Кроме того, блокирование гидравлических каналов приводит к снижению расхода теплоносителя, что также подавляет реакцию окисления. С другой стороны, стекающий материал переносит значительное количество запасенной энергии в нижние, более холодные участки активной зоны. Это приводит к ускоренному прогреву значительной части активной зоны до температур эскалации реакции окисления и к более тяжелому повреждению активной зоны и резкому увеличению количества генерируемого водорода. А перемещение расплава из активной зоны на днище корпуса реактора приводит к вскипанию теплоносителя в напорной камере реактора, образованию большой массы пара и, как следствие, к интенсификации окисления неразрушенных элементов активной зоны и внутрикорпусных устройств.

В силу двоякой роли процесса стекания с точки зрения динамики разрушения активной зоны и генерации водорода, необходим методически правильный учет этого явления при проведении расчетного анализа тяжелых запроектных аварий.

Настоящая работа содержит подробное описание физико-математических моделей капельно-ручейкового стекания, и стекания расплава в виде массивной жидкой блокады, реализованных в расчетном модуле DROG комплекса СОКРАТ. Так же в работе приводятся результаты расчетов с использованием модуля DROG.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА МК-ORDER ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ С ОРИЕНТАЦИОННЫМИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯМИ

Т.О. Петрова, О.Г. Максимова

ФГБОУ ВПО Череповецкий государственный университет, e-mail: to_87@bk.ru

Изучение сегнетоэлектрических и жидкокристаллических полимерных систем представляет как фундаментальный, так и прикладной интерес ввиду их широкого практического применения в современной технике. Они успешно конкурируют с традиционными неорганическими веществами благодаря многообразию физических свойств, зависящих от геометрии макромолекул и валентной структуры звеньев цепи.

Для исследования влияние температуры, констант взаимодействия и внешних электрических полей на параметры дальних ориентационных порядков, восприимчивости, теплоемкости и других параметров системы, для построения зависимости параметров ориентационного порядка от величины внешнего электрического поля при его циклическом изменении при различных температурах, был создан программный комплекс МК-ORDER. Комплекс был создан на основе пакета программ MatLab, применялось компьютерное моделирование методом Монте-Карло (алгоритм Метрополиса), в котором генерируется случайный процесс, состоящий из набора последовательных конфигураций системы. Предложенный комплекс может быть использован для объяснения эффектов упорядочения в низкомолекулярных сегнетоэлектриках, а также в полимерных пленках различной толщины.

В разработанном программном комплексе существует возможность подбирать конкретные условия, связанные с определенной структурой молекул вещества, граничными и внешними условиями. Правильность работа комплекса тестировалось с помощью сопоставления аналитического и компьютерного метода на примере вычисления фазовых переходов в полимерных системах, кроме того, проводилось сравнение результатов с экспериментальными данными, полученными при исследовании фазовых переходов в низкомолекулярных сегнетоэлектрических системах (BaTiO_3) и термодеполяризации сополимера винилиденфторида с тетрафторэтиленом ПВДФ (ВДФ-ТрФЭ) [1].

Литература

1. Максимова О.Г., Петрова Т.О. Материалы Двенадцатой международной конференции «Физика диэлектриков» (Диэлектрики – 2011), Санкт-Петербург, 2011, – С.440-442.

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ДЕТЕКТОР НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА ЭЛЕКТРОННОГО РАЗОГРЕВА В УЛЬТРАТОНКИХ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ПЛЕНКАХ NbN

С.В. Селиверстов¹, М.И. Финкель¹, Б.М. Воронов¹, Н.С. Каурова¹,
К.В. Смирнов², Ю.Б. Вахтомин², И.В. Пентин²

¹ Учебно-научный радиофизический центр при Московском педагогическом государственном университете, г. Москва, ул. Малая Пироговская, д. 29,
e-mail: seliverstovsv@mail.ru

² ЗАО «Сверхпроводниковые нанотехнологии», г. Москва, ул. Россолимо, 5/22-1,
e-mail: scontel@scontel.ru

В докладе представлены результаты измерения эквивалентной мощности шума (NEP) болометров на эффекте электронного разогрева на основе ультратонких пленок NbN, интегрированных в планарную спиральную антенну. Полученные значения NEP ($1,5 \cdot 10^{-13}$ Вт/Гц^{1/2} на частоте 150 ГГц и $4 \cdot 10^{-14}$ Вт/Гц^{1/2} на частоте 2,5 ТГц) и постоянная времени детектора 50 пс позволяют регистрировать рекордные энергии в импульсе.

Детектор изготовлен на основе структуры, состоящей из NbN и Au (толщина NbN 3,5 нм, толщина Au ~15 нм), осажденной на кремниевую подложку по технологии *in situ* (без разрыва вакуума между нанесением слоев NbN и Au). Поверхностное сопротивление пленки NbN составляет ~500 Ом/□, размер чувствительного элемента (области, с которой удален слой Au) ~0,1x1 мкм, температура сверхпроводящего перехода ~9 К, плотность критического тока ~ $4,5 \cdot 10^6$ А·см⁻² при температуре детектора 4,2 К. Чувствительный элемент приемника интегрирован с планарной спиральной логарифмической антенной, работающей в широком частотном диапазоне.

Для согласования с излучением использовалась эллиптическая кремниевая линза, в фокус которой устанавливался детектор. В качестве источника излучения частотой 2,5 ТГц использовался газоразрядный лазер, работающий на линии паров воды. В качестве источника излучения частотой 150 ГГц использовалась лампа обратной волны. Измерение уровня мощности излучения проводилось детектором Голея.

Принцип действия детектора основан на эффекте электронного разогрева в тонкой пленке сверхпроводника. При поглощении излучения сверхпроводником, находящимся при температуре вблизи сверхпроводящего перехода, сопротивление структуры меняется. Если частота модуляции излучения меньше обратного времени остывания электронной подсистемы сверхпроводника, определяемого в основном временем электрон-фононного взаимодействия и временем выхода неравновесных фононов из пленки в подложку, на концах структуры, смещенной постоянным током, возникает электрический сигнал на частоте модуляции излучения.

К РАСЧЕТУ СКОРОСТИ ВЕТРА

Ю.А. Семенова, Р.Г. Закипян

ФБГОУ ВПО «Ставропольский государственный университет»,
e-mail: brilliance_wave@mail.ru

На данный момент проблема прогнозирования скорости ветра все еще остается актуальной проблемой физики атмосферы [1].

Целью настоящей работы является решение уравнения Навье–Стокса в приближении достаточном для расчета скорости ветра в мезомасштабных процессах.

Уравнение движения представим в виде

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v}, \nabla) \mathbf{v} = \mathbf{g} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \nabla^2 \mathbf{v}. \quad (1)$$

Как известно влияние силы Кориолиса определяется значением отношения характерного времени процесса к периоду вращения Земли вокруг своей оси. Для определения характерных масштабов исследуемого процесса рассмотрим вихревые движения протяженностью 10 и 1000 км. Оценим характерное время процесса для средней скорости $\nu = 10$ м/с. Соответственно, для каждого масштаба получим характерное время равное 15 мин и 25 часов, для движения протяженностью 10 км силой Кориолиса можно пренебречь, а для синоптических масштабов в 1000 км силу Кориолиса необходимо учитывать. Этим объясняется то, что в уравнение (1) не вошла сила Кориолиса.

Спроектируем уравнение Навье – Стокса на оси координат и рассмотрим частный стационарный случай при движении в горизонтальной плоскости вдоль параллели

$$u \frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}. \quad (2)$$

Для начала, предположим, что коэффициент вязкости равен нулю $\nu = 0$, тогда получаем уравнение Бернулли

$$u \frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}. \quad (3)$$

Решая уравнение (3), получим

$$u = \sqrt{2 \frac{P_0 - P}{\rho}}, \quad p = p(x). \quad (4)$$

Оценим скорость при следующих значениях величин: $\rho = 1 \text{ кг/м}^3$, $p_0 = 1000 \text{ гПа} = 10^5 \text{ Па}$, а изменение давления $\Delta p = 5 \cdot 10^2 \text{ Па}$. Тогда согласно формуле (4) получим

$$u = \sqrt{2 \cdot \frac{5 \cdot 10^2}{1}} = 10\sqrt{10} \approx 30 \text{ м/с}. \quad (5)$$

Из выражения (5) видно, что при уменьшении давления на $\Delta p = 5 \cdot 10^2 \text{ Па}$ скорость ветра в данной точке изменяется на $u \approx 30 \text{ м/с}$.

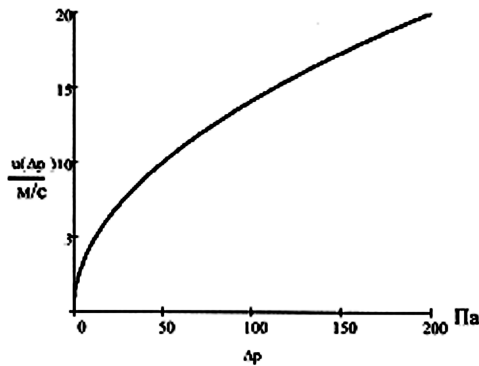


Рис. 1. График зависимости скорости от разности давлений.

Запишем уравнение (2) в виде

$$uu_x = -\frac{1}{\rho} p_x + \nu u_{xx},$$

интегрируя и находя константы, получаем уравнение Риккати

$$uu_x = \frac{p_0 - p_1}{\rho L} + \nu u_{xx}. \quad (6)$$

Сделаем замену Коула–Хопфа в последнем уравнении

$$u = -2\nu \frac{\partial \ln \varphi(x)}{\partial x} = -2\nu \frac{\varphi_x}{\varphi}.$$

Подставляя в (6) и дифференцируя

$$-2\nu^2 \frac{\varphi_x \varphi_{xx}}{\varphi^2} + 2\nu^2 \frac{\varphi_{xxx}}{\varphi} = \frac{P_0 - P_1}{\rho L},$$

сделаем замену $\varphi_{xx} = f$ и преобразуя

$$2\nu^2 \frac{f}{\varphi} \left(\ln \frac{f}{\varphi} \right)_x = \frac{P_0 - P_1}{\rho L}.$$

Пусть $\frac{f}{\varphi} = \psi$

$$2\nu^2 \psi (\ln \psi)_x = \frac{P_0 - P_1}{\rho L}.$$

Проинтегрируем полученное выражение и вернемся к старым переменным

$$f = \left(\frac{P_0 - P_1}{2\nu^2 \rho L} x + C \right) \varphi,$$

$$\frac{P_0 - P_1}{2\nu^2 \rho L} = a,$$

$$\varphi_{xx} = (ax + C)\varphi.$$

Используя замену,

$$\xi = a^{-2/3} (ax + C),$$

$$\varphi_{\xi\xi} = \xi\varphi.$$

Это есть уравнение Эйри. Решение уравнения Эйри имеет вид

$$\varphi(\xi) = C_1 \cdot \text{Ai}(\xi) + C_2 \cdot \text{Bi}(\xi),$$

где $\text{Ai}(\xi)$ и $\text{Bi}(\xi)$ – функции Эйри первого и второго рода. Функции Эйри можно представить в виде определенных интегралов:

$$\text{Ai}(\xi) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \cos\left(\frac{1}{3}t^3 + \xi t\right) dt.$$

$$\text{Bi}(\xi) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \left[\exp\left(-\frac{1}{3}t^3 + \xi t\right) + \sin\left(\frac{1}{3}t^3 + \xi t\right) \right] dt .$$

Таким образом, нами получено решение уравнения (6), описывающее скорость движения вязкого воздуха вдоль параллели при постоянном градиенте давления.

Работа выполнена при поддержке гранта по государственному контракту № 02740110739 по теме «Исследование интенсивных вихрей в атмосфере, сопровождающихся грозоградовыми явлениями».

Литература

1. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды, Ленинград: Гидрометиздат, 1986, Часть I, 704 с.

СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ Ca-Si СОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ, МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ НА ВОЗДУХЕ И В АТМОСФЕРЕ CO₂

О.В. Сидорова, Л.А. Алёшина

Петрозаводский государственный университет, e-mail: solvak@yandex.ru

Целью данной работы были рентгенографические исследования влияния механоактивации на воздухе и в атмосфере углекислого газа на структурное состояние псевдоволластонита CaSiO₃, диопсида CaMgSi₂O₆ и сфена CaTiSiO₅ Ковдорского месторождения.

Рентгенографирование образцов проводилось на автоматизированной установке ДРОН-3, использовалось Fe-, Cu- и MoK α излучения. Обработка результатов проводилась с использованием пакета программ X-Ray методом Финбака-Уоррена [1]. Из кривых распределения парных функций рассчитывались радиусы и размытия координационных сфер и координационные числа. Показано, что механоактивация образцов в зависимости от времени и среды приводит к изменениям в кислородной упаковке всех трёх минералов. Проявляется это в уменьшении числа ближайших кислородных соседей у атомов металлов и кислорода. Установлено, что в случае псевдоволластонита уменьшение координации кальция происходит при размоле и в воздухе, и в атмосфере CO₂, а число кислородных соседей атома кальция в диопсиде и сфене уменьшается практически на единицу только при размоле в воздухе. Кроме того, в сфене уменьшается число кислородных соседей, окружающих атом титана, причём это изменение выражено наиболее ярко в образцах размолотых в CO₂. В диопсиде число кислородных соседей атома магния также уменьшается, однако наиболее интенсивно этот процесс протекает при размоле в воздухе.

Уменьшение числа ближайших кислородных соседей у атомов кислорода наблюдается во всех исследованных образцах.

Таким образом, в процессе механоактивации Ca – Si содержащих минералов число кислородных соседей у атомов металла уменьшается. Из трёх исследованных однокальциевых силикатов наиболее быстро до рентгеноаморфного состояния размальывается кольцевой силикат псевдоволластонит (30 мин.), а наиболее медленно – цепочечный силикат диопсид (65 часов). Во всех трех рассмотренных случаях размол в атмосфере углекислого газа протекает медленнее, чем в воздухе.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, государственный контракт: № П801.

Литература

1. Алёшина Л.А., Сидорова О.В., Осауленко Р.Н., Фофанов А.Д., Калинин А.М. Рентгенографические исследования влияния размола на структурные характеристики образцов псевдоволластонита. //Электронный журнал “Исследовано в России”, 030, 297-306, 2009. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2009/030.pdf>

СВЧ-ПЛАЗМОТРОН АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

К.Д. Смирнов, А.В. Прокопенко

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

В НИЯУ МИФИ проводятся работы по исследованию возможности использования плазмы СВЧ-разряда при атмосферном давлении в процессах асептической обработки различной упаковочной тары. Расширение ассортимента упаковочной тары требует перехода от химических и чисто тепловых методов к новым более энергоэффективным и экологически безопасным физическим методам обработки поверхности.

Рабочая камера плазмотрона выполнена на основе цилиндрического резонатора со штыревой системой, размещенной соосно резонатору. Штыревой резонатор позволяет создать в области между штырем и торцевой стенкой напряженности электрического поля, достаточные для эффективного горения разряда при СВЧ-мощности 600 Вт на частоте 2,45 ГГц. В этой области и размещается кварцевая трубка внешним диаметром 8 мм для продувки плазмообразующего газа. В результате образовывается плазменный факел высотой до 35 мм. Высота и стабильность факела зависит от расхода воздуха 1-3 л/с. Проведены энергетические исследования СВЧ-плазмотрона показывающие, что при горении разряда не менее 80% мощности магнетрона поступает в резонатор. Измерено поле температур воздушной плазменной струи СВЧ-плазмотрона при различных расходах воздуха, где на оси плазменного факела температура меняется от 1100 °С на выходе плазмотрона до 60 °С на расстоянии 35 мм от выхода.

Проведены экспериментальные исследования по изучению влияния условий облучения на гибель высушенной суспензии спор и клеток бактерии *Clostridium sporogenes* в плазменном факеле. В экспериментах на чашечках Петри достигнуто практически полное уничтожение микроорганизмов при малых временах экспозиции. Бактерицидное воздействие на поверхность упаковки оказывает струя плазмы: температура газа, образующиеся ионизированные активные компоненты, УФ-излучение.

Таким образом, результаты экспериментальных исследований энергетических характеристик работающего плазмотрона при СВЧ-мощности 600 Вт показали, что разработанный СВЧ-плазмотрон является энергетически эффективным прибором, который может использоваться для проведения фундаментальных и прикладных исследований бактерицидного воздействия плазмы СВЧ-разряда применительно к пищевой промышленности и медицине.

ЛАЗЕРНАЯ ЭЛЛИПСОМЕТРИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОДНОГО ПРОИЗВОДСТВА

П.А. Стрельников, Ю.И. Кураков

ШИ(ф)ГОУ ВПО ЮРГТУ (НПИ), e-mail: roru_@mail.ru

Свойства каменноугольных пеков зависят от исходного сырья, состава шихты коксования и целого ряда технологических особенностей получения и переработки каменноугольной смолы. В их состав входит более 180 индивидуальных соединений, обладающих специфическими химическими и физическими свойствами, многие из которых не аддитивны. Качество электродного пека нормируется показателями, в число которых входит содержание веществ, нерастворимых в толуоле (α – фракция) и содержание веществ, нерастворимых в хинолине (α_1 – фракция). Применение вредных для здоровья органических растворителей затрудняет регулярный анализ пеков.

Сущность эллипсометрического метода измерений состоит в исследовании изменения состояния поляризации пучка света в результате его отражения от изучаемого объекта. Достоинства эллипсометрии: простота и быстрота измерений (имеются автоматические эллипсометры), возможность производить их в ходе процесса (in situ), в вакууме, при высоких температурах, в агрессивных средах; кроме того, при экспериментах поверхности не загрязняются и не разрушаются. Нами установлено, что между количеством α – фракции и оптическими характеристиками (коэффициентом преломления «n» и коэффициентом отражения «R») существует сильная корреляционная связь. Созданная на основе данных исследований приложение способно помочь предприятиям отрасли увеличить качество продукции и ускорить процесс анализа проб, одновременно уменьшив вероятность вреда для работников и повысив экологичность производства на стадии технологического контроля.

Можно смело говорить, что при внесении технологических изменений, ведущих к упрощению и удешевлению эллипсометра, возможна стандартизация коксохимического анализа и повсеместное внедрение данной технологии.

Литература

1. Ржанов Н.В., Свиташев К.К., Семенов А.И. и др. Основы эллипсометрии. Новосибирск. «Наука». 1979. – 422 с.
2. Горшков М.М. Эллипсометрия. М.: «Советское радио», 1974, – 200 с.
3. Федоров Ф.И. Оптика анизотропных сред. Минск.: изд-во АН БССР. 1958. – 380 с.

ЭФФЕКТ ОБРАЗОВАНИЯ РОТОННОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ДЛЯ ДВУМЕРНЫХ НАКЛОННЫХ ДИПОЛЕЙ В ТОНКОМ СЛОЕ НА РЕЗОНАНСЕ ФЕШБАХА

А.К. Федоров, Ю.Е. Лозовик И.Л. Курбаков

МГТУ им. Н.Э. Баумана и лаб. спектроскопии наноструктур Института спектроскопии РАН, e-mail: akfedorov@student.bmstu.ru

В слабо коррелированных дипольных системах могут возникать ротонная неустойчивость и волны плотности материи. Механизм их образования обусловлен наличием притяжения взаимодействующих диполей. Это имеет место для однородных бесконечных квазидвумерных (К2Д) систем с гармоническим удержанием в Oz направлении [1, 2]. В К2Д системах на больших линейных масштабах движение двумерно, а на малых – трехмерно, поэтому выстроенные вдоль Oz направления диполи будут притягиваться. Это влечет эффект ротонного минимума и ротонной неустойчивости, как остаточное проявление фононного коллапса для массивных диполей.

В настоящей работе исследуется эффект ротонного минимума и ротонной неустойчивости для однокомпонентного бозе-конденсированного сверхтекучего газа наклонных диполей в тонком слое. Рассматривается задача о критерии стабильности в случае компенсации дипольной и контактной длин рассеяния – на резонансе Фешбаха [3]. В таком случае удастся реализовать режим слабых корреляций, в котором мы имеем пренебрегать поправками сверх приближения Боголюбова.

С целью количественного расчета фазовой диаграммы для образования ротонного минимума и ротонной неустойчивости, а также определения свойств неустойчивой моды, определен спектр возбуждений в стабильной фазе. Рассматривается важный случай нулевой температуры. На основании решения уравнения Гросса-Питаевского и сопряженной боголюбовской системы, проводится анализ устойчивости физической системы в случае различного расположения диполей на плоскости: вертикального, горизонтального и наклонного.

Литература

1. L. Santos, G.V. Shlyapnikov, M. Lewenstein. Roton-Maxon Spectrum and Stability of Trapped Dipolar Bose-Einstein Condensates // Phys. Rev. Lett. 90, 250403 (2003).
2. U. R. Fisher. Stability of quasi-two-dimensional Bose-Einstein condensates with dominant dipole-dipole interactions // Phys. Rev. A 73, 031602 (R) (2006).
3. S. Inouye et al. Observation of Feshbach resonances in a Bose-Einstein condensate // Nature, 392, 151-154 (1998).

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ОХРУПЧИВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ С ОЦК-РЕШЕТКОЙ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ АТОМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ

С.В. Федотова, Д.А. Мальцев, А.С. Фролов

НИЦ Курчатовский институт, e-mail: malt_ber@mail.ru

Охрупчивание конструкционных сталей с ОЦК-решеткой, применяемых в качестве материалов корпусов атомных энергоблоков, проявляется в увеличении температуры вязко-хрупкого перехода на температурной зависимости ударной вязкости и является лимитирующим фактором при оценке срока эксплуатации всей ядерной установки. Для конструкционных сталей с ОЦК-решеткой в условиях эксплуатации атомных реакторов выделяют упрочняющий (за счет увеличения предела текучести, вследствие образования радиационно-индуцированных наноразмерных преципитатов и радиационных дефектов под действием нейтронного облучения) и неупрочняющий (вследствие образования сегрегаций примесей по границам зерен) механизмы охрупчивания. Поскольку темп и величина охрупчивания определяются структурными изменениями, происходящими в материале, то для обоснования работоспособности материалов корпусов реакторов (КР) в процессе эксплуатации необходим адекватный прогноз изменения их структуры и свойств.

В этой связи возникает необходимость проведения комплексных исследований для выявления физических механизмов охрупчивания конструкционных сталей с ОЦК-решеткой в условиях эксплуатации атомных энергетических реакторов.

Действие упрочняющего механизма начинается с влияния размера зерна на критическую температуру хрупкости в исходном состоянии. В работе показано значительное снижение критической температуры хрупкости при уменьшении размера зерна. Впервые методами высокоразрешающей электронной растровой (РЭМ) и просвечивающей (ПЭМ) микроскопии определено изменение фазового состава конструкционных сталей с ОЦК-решеткой в процессе длительных изотермических выдержек (до 140 тыс. ч) при рабочих температурах КР. Показано, что структурные предпосылки для изменения предела текучести в исследованных образцах, а значит и критической температуры хрупкости, в процессе длительных температурных выдержек при рабочих температурах КР отсутствуют.

Определена кинетика накопления радиационно-индуцированных наноструктурных составляющих, приводящих к упрочнению конструкционных сталей с ОЦК-решеткой в процессе нейтронного облучения с разным флюенсом быстрых нейтронов.

На основании исследований проведена оценка вклада неупрочняющих факторов – накопление зернограничных сегрегаций примесей – в изменение свойств конструкционных материалов с ОЦК-решеткой при термическом старении и облучении. Показано увеличение доли хрупкого межзеренного разрушения в изломах образцов по мере увеличения длительности температурной выдержки и облучения, свидетельствующее об увеличении концентрации фосфора на границах зерен, тем большее, чем больше содержание никеля в стали и доза облучения.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ РЕКОМБИНАТОРА ВОДОРОДА В КОРПУСЕ РВК-315

М.Е. Чижов, Д.Г. Григорук П.С. Кондратенко

ИБРАЭ РАН, e-mail: Maxak@yandex.ru

Пассивный каталитический рекомбинатор водорода (ПКРВ) служит для удаления водорода из помещений. ПКРВ работает по принципу рекомбинации водорода с кислородом на катализаторе, без дополнительного подвода энергии и без управляющих сигналов на включение. При больших концентрациях водорода возможно воспламенение водородо-воздушной смеси, при этом существенную роль играет распределение теплоотдачи в рекомбинаторе.

В отсутствии математической модели работа рекомбинатора исследуется экспериментально на стендовых установках. В этом случае получение закономерностей процессов тепло- и массопереноса требует большого количества экспериментов, а вопрос оптимизации конструкции корпуса представляет сложную многопараметрическую задачу.

В данной работе при помощи гидродинамического кода Fluent проведена апробация разработанной авторами математической модели каталитического окисления на твердых поверхностях [1] в трехмерной постановке, соответствующей рекомбинатору с корпусом РВК-315. Полученные результаты согласуются с результатами испытаний каталитического оборудования на стенде ОАО "ВТИ". Погрешность расчетов не превысила 7%.

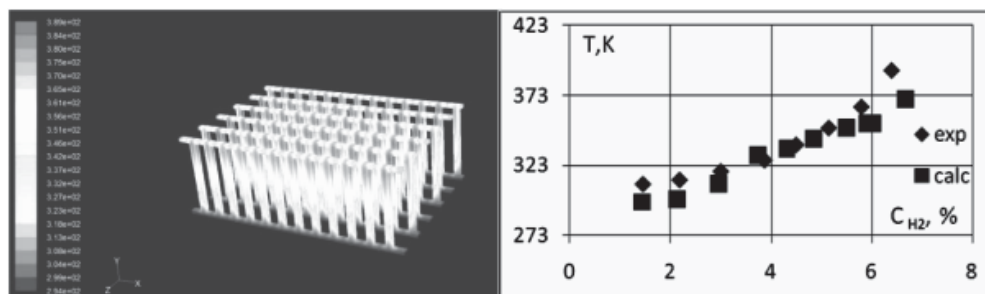


Рис. 1.2.а,б. На рисунке изображены: слева (а) поля температур на поверхности рамок рекомбинатора при концентрации H_2 4.3% на входе, полученные с использованием кода Fluent; на рисунке справа (б) зависимости температуры посередине сечения корпуса на высоте 200 мм над каталитическим блоком от концентрации на входе рекомбинатора, расчетная (красный цвет) и полученные на стенде ВТИ (синий цвет).

Литература

1. Григорук Д.Г., Кондратенко П.С., Никольский Д.В., Чижов М.Е. Конвективный теплообмен с химическими превращениями в вертикальном канале, Теплоэнергетика, № 6 ИЮНЬ 2011, С. 63-68.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЕТОНАЦИИ ВОДОРОДА В ПОМЕЩЕНИЯХ МОДЕЛИРУЮЩИХ ЗАЩИТНУЮ ОБОЛОЧКУ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

М.Е. Чижов, П.С. Кондратенко

ИБРАЭ РАН, e-mail: Maxak@yandex.ru

Основной целью при управлении тяжелыми авариями на АЭС является защита целостности контаймента, так как он становится конечным барьером от выброса продуктов деления в окружающую среду. Одной из причин нарушения целостности защитной оболочки (ЗО) может служить детонация водорода, образующегося в основном за счет реакции окисления циркония водяным паром, в помещениях контаймента.

В данной работе рассмотрена именно возможность детонации, как наиболее опасного явления, которое может нарушить целостность защитной оболочки. Предложена математическая модель описывающая распределение водорода и водяного пара в помещениях ЗО, исследована возможность детонации в зависимости от различных параметров.

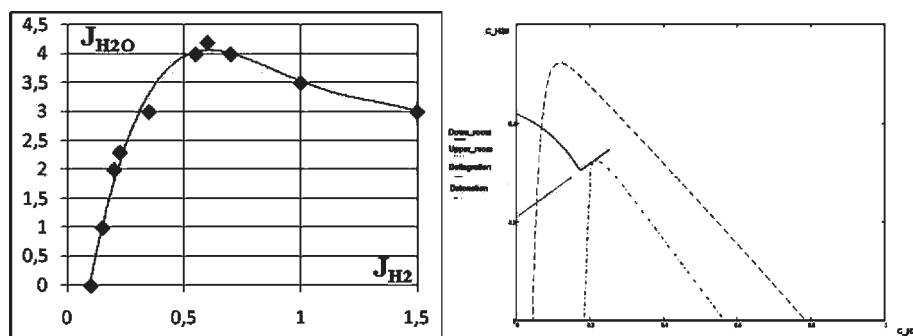


Рис. 1а, 1б. Слева рис. 1а. изображено соотношение входящих в нижнее помещение потоков водорода и пара, ниже кривой происходит детонация. Справа рис. 1б. изображено соотношения объемных долей водяного пара и водорода в нижнем помещении (красная кривая) и верхнем помещении (синяя кривая). На рисунке так же изображены детонационная (фиолетовый пунктир) и дефлаграционная кривые (зеленый пунктир).

Детонация водородосодержащей смеси возможна при определенных соотношениях концентраций водяного пара, водорода и воздуха (детонационная и дефлаграционная кривые на Рис. 1б). На соотношения концентраций в помещениях влияет множество параметров: геометрия помещений, временные параметры, температура, соотношение концентраций водорода и водяного пара на входе в нижнее помещение. В данной работе рассмотрено влияние только последнего параметра Рис. 1а, хотя предложенная модель позволяет учесть и остальные параметры.

**1. И.И. Астапов, Н.С. Барбашина, А.Н. Дмитриева, Ю.Н. Мишутина,
В.В. Шутенко, Е.И. Яковлева**

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31, PAstapov@mephi.ru

**2. Е.В. Гладченко^{1,2}, Б.В. Андриюшечкин², Г.М. Жидомиров², К. Дидье³, Б. Керрен³,
В.В. Черкез², К.Н. Ельцов²**

¹ Московский физико-технический институт

² Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН

³ Университет Анри Пуанкаре, г. Нанси, Франция

3. В.Л. Глушков

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана;
e-mail: vladimirglushkov@yandex.ru

4. В.С. Денисенков^{1,2}, Б.В. Андриюшечкин², Т.В. Павлова²

¹ Московский физико-технический институт (Государственный Университет)

² Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН

5. Е.О. Киктенко

МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Фундаментальные науки», специальность
«Техническая физика»; e-mail: evgeniy.kiktenko@gmail.com

6. А. И. Кочаев

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

7. В.С. Нефёдов, Р.А. Браже

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

8. Е.В. Плетминцева, И. А. Малышкина

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова,
Физический факультет, 119991 Москва, Воробьевы горы,
e-mail: pletmintseva@polly.phys.msu.ru

9. С.А. Садовников

Саратовский государственный университет им Н.Г. Чернышевского,
e-mail: sadovnikovsa@gmail.com, zzzf@inbox.com

10. Д.Е. Смирнова, Г.Э. Норман

Объединенный Институт Высоких Температур РАН (Москва),
г. Москва, 125412, Ижорская ул., д.13, строение 2, e-mail: d.e.smirnov@gmail.com

11. Н.В. Смирнова, В.Л. Смирнов, А.Е. Сячин, И.П. Юдин

Объединенный институт ядерных исследований,
г. Дубна, Московская обл., Россия, e-mail: yudin@jinr.ru

- 12. Л.В. Смотрова, Г.Д. Тумовский, А.А. Спахов**
Московский Государственный Областной Университет,
физико-математического факультет, кафедра теоретической физики МГОУ,
e-mail: lilysmotrova@mail.ru
- 13. М.С. Титова, А.В. Ведяев**
Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова,
Физический факультет, 119991 Москва, Воробьевы горы,
каф. магнетизма физического факультета МГУ, e-mail: maryartster@gmail.com
- 14. Н.В. Толкачева, А.Н. Дмитриева, А.С. Михайленко, В.В. Шутенко, И.И. Яшин**
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
e-mail: NVTolкачева@mephi.ru
- 15. И.И. Хабибуллин, С.Ю. Сазонов**
ИКИ РАН, e-mail: pechvogel@mail.ru
- 16. Е.И. Яковлева, Р.П. Кокоулин, А.А. Петрухин, В.В. Шутенко**
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
e-mail: EYakovleva@mephi.ru
- 17. И.М. Демешин, Е.Б. Осипов, Н.А. Осипова**
Череповецкий государственный университет, e-mail: demeshin_i_m@mail.ru
- 18. Н.А. Ртищев, В.И. Мелихов**
МЭИ, e-mail: rtishchevna@gmail.com
- 19. Н.В. Смирнова, И.Г. Волошина, И.П. Юдин**
Объединенный институт ядерных исследований,
г. Дубна, Московская обл., Россия, e-mail: yudin@jinr.ru
- 20. П.П. Ан, М.А. Тархов, Г.Н. Гольцман**
Московский Педагогический Государственный Университет,
Россия, Москва ул. М. Пироговская, д. 1, e-mail: an-prfl@rambler.ru
- 21. К.Х. Ашиккалиева, О.Н. Каныгина**
Оренбургский государственный университет, e-mail: kuralai1986@mail.ru
- 22. А.В. Бабич, В.Ю. Науменко, И.И. Резников**
РНИМУ, e-mail: gorukirirukuko@inbox.ru
- 23. А.А. Киселев, С.А. Богатов**
ИБРАЭ РАН, e-mail: aak@ibrae.ac.ru, sbg@ibrae.ac.ru
- 24. М.С. Кривокорытов, В.В. Голуб**
Объединенный институт высоких температур РАН, e-mail: ikhail.k@phystech.edu

25. Л.В. Кутузов, Б.В. Гончаров

НИЦ «Курчатовский Институт», e-mail: kutuzov@irtm.kiae.ru

26. П.Б. Лавров, А.А. Раваев

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

27. А.О. Литвинова, В.С. Горелик

МГТУ им. Н. Э. Баумана, e-mail: litvinovaanechka@yandex.ru

28. Е.А. Максимова, С.Б. Левин

Санкт-Петербургский государственный университет,
физический факультет, кафедра вычислительной физики, e-mail: eama08@mail.ru

29. С.А. Матвеев, С.А. Денисов, В.Ю. Чалков, В.Г. Шенгуров

Научно-исследовательский физико-технический институт Нижегородского
государственного университета им. Н.И.Лобачевского (НИФТИ ННГУ),
Нижний Новгород, e-mail: matveevsa.sou@gmail.com

30. С.А. Матвеев, С.А. Денисов, В.Ю. Чалков, В.Г. Шенгуров

Научно-исследовательский физико-технический институт Нижегородского
государственного университета им. Н.И. Лобачевского (НИФТИ ННГУ),
Нижний Новгород, e-mail: matveevsa.sou@gmail.com

31. Л.С. Мкртчян, А.Ю.Шевченко, Ю.И. Диканский

Ставропольский государственный университет, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1;
e-mail: mkrt-levon@yandex.ru

**32. С.В. Селиверстов¹, М.И. Финкель¹, Б.М. Воронов¹, Н.С. Каурова¹,
К.В. Смирнов², Ю.Б. Вахтомин², И.В. Пентин²**

¹Учебно-научный радиофизический центр при Московском педагогическом
государственном университете, г. Москва, ул. Малая Пироговская, д. 29,
e-mail: seliverstovsv@mail.ru

²ЗАО «Сверхпроводниковые нанотехнологии», г. Москва, ул. Россолимо, 5/22-1,
e-mail: scontel@scontel.ru

33. А.В. Семенов, А.Д. Хахаев, А.И. Щербина, А.А.Величко

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия
Научно-образовательный центр «Плазма», Петрозаводск, Россия
185910, Республика Карелия, Петрозаводск, ул. Университетская 10А, каб. 111,
e-mail: alexsem26@gmail.com, semenov@mpe.mpg.de

34. В.И. Тройнов, А.М. Зимин

105005, Москва, 2-ая Бауманская ул., д. 5, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
e-mail: lud2002@bmstu.ru

35. С.В. Федотова, Д.А. Мальцев, А.С. Фролов

НИЦ Курчатовский институт, e-mail: malt_ber@mail.ru