

Физическое образование в вузах

Приложение

Труды конференции – конкурса молодых физиков.

Москва, 15 января 2009 г.

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

Редколлегия журнала ”Физическое образование в вузах”

Главный редактор

Крохин Олег Николаевич — академик, Московский инженерно-физический институт (государственный университет), Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия.

Заместители Главного редактора

Гладун Анатолий Деомидович — Московский физико-технический институт (государственный университет), Долгопрудный Московской области, Россия.

Николаев Владимир Иванович — Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Центр переподготовки научно-педагогических кадров МГУ, Москва, Россия.

Суханов Александр Дмитриевич — Российский университет дружбы народов, Российский научный центр физического образования, Москва, Россия.

Шапочкин Михаил Борисович — НТЦ “ЛАБЭКС”, Московское физическое общество, Москва, Россия.

Редакционная коллегия

Гороховатский Юрий Андреевич — Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия.

Кудрявцев Николай Николаевич — Московский физико-технический институт (государственный университет), Долгопрудный Московской области, Россия.

Колесников Юрий Леонидович — Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия.

Лебедев Юрий Анатольевич — Объединённое физическое общество РФ, Москва, Россия.

Песоцкий Юрий Сергеевич — Межгосударственная ассоциация разработчиков и производителей учебной техники (МАРПУТ), Москва, Россия.

Рудой Юрий Григорьевич — Российский университет дружбы народов, Москва, Россия.

Светозаров Владимир Владимирович — НТЦ “ВЛАДИС”, Московский инженерно-физический институт (государственный университет), Москва, Россия.

Спирин Геннадий Георгиевич — Московский авиационный институт (технический университет), Москва, Россия.

Трухин Владимир Ильич — Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

Чернышев Виктор Викторович — Военно-воздушная инженерная академия им. профессора Н.Е. Жуковского, Москва, Россия.

Ответственный секретарь

Калачев Николай Валентинович — Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Московское физическое общество, Москва, Россия.

Техническая редакция

Березин Павел Дмитриевич — Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия.

Черткова Ирина Николаевна — Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия.

48. Стариков С.В.

Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН)
125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2
Московский физико-технический институт (ГУ)
141700, Долгопрудный, Институтский пер., 9,
starikov@ihed.ras.ru

49. Тимирханов Р.А., Гавриков А.В., Горанская Д.Н., Иванов А.С., Петров О.Ф., Фортов В.Е.

Учреждение Российской академии наук
Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН)
125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2,
timirkhanov@ihed.ras.ru

50. Третьяков Т.В., Смердов И.В.

МГТУ им.Н.Э.Баумана,
105005, ул. 2-я Бауманская д. 5
МЭИ (ТУ),
tretyakovtim@yandex.ru

51. Труханёнок А.Н.

ИПХФ РАН
antonxt@gmail.com

52. Турчанинов М.А., Башарин А.Ю., Дождиков В.С.

ОИВТ РАН
125412, г. Москва, ул. Ижорская, д.13 стр.2,
turchaninoff@mail.ru

53. Фроня А.А., Борисенко Н.Г., Васин Б.Л., Меркульев Ю.А., Осипов М.В., Пузырев В.Н., Саакян А.Т., Стародуб А.Н., Якушев О.Ф.

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва
119991, г. Москва, Ленинский проспект, 53,
nastya708@yandex.ru

54. Фуфурин И.Л.

Московский Государственный Технический Университета им. Н.Э. Баумана
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5,
igfil@mail.ru

55. Худомясов А.В., Голубев А.А., Гурьева Е.В., Канцырев А.В., Марков Н.В., Рудской И.В., Смирнов Г.Н., Туртиков В.И., Фертман А.Д.

ФГУП ГНЦ РФ — Институт Теоретической и Экспериментальной Физики
andrei_vas@rambler.ru

56. Иванов А.А.

ЗАО «Инновационный Центр Энергосберегающих Технологий»
ivanov@icspower.com

СОРЕВНУЮТСЯ МОЛОДЫЕ ФИЗИКИ

15 января 2009 г. Московское физическое общество, Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук и Инновационный центр энергосберегающих технологий провели в Колонном зале Физического института конкурс-конференцию научных работ студентов и аспирантов (в возрасте до 26 лет) учебных и научно-исследовательских институтов по различным разделам физики.

В отборочный комитет конференции-конкурса поступили тезисы 56 докладов из 20 ВУЗов и НИИ из 9 городов Российской Федерации. В итоговой сессии приняло участие 60 конкурсантов, соавторов и руководителей конкурсных работ, и были представлены 15 устных и 30 стендовых докладов.

В жюри конференции-конкурса работали:

1. *Гладун А.Д.*, заведующий кафедрой общей физики МФТИ, профессор, д. ф.-м. н., **председатель**.

2. *Бабурова О.В.*, кафедра физики для естественных факультетов МПГУ, профессор, д. ф.-м. н.

3. *Завестовская И.Н.*, ведущий научный сотрудник ФИАН, заместитель декана ВШФ МИФИ, доцент, к. ф.-м. н.

4. *Морозов А.Н.*, заведующий кафедрой общей физики МВТУ, профессор, д. ф.-м. н.

Победителями конкурса конференции были признаны:

1. Гладченко Е.В., студент 6-го курса МФТИ (базовая кафедра: ИОФ РАН «Лазерная физика»), как автор лучшей студенческой работы (1-е место) с награждением денежной премией в размере 15 тыс. рублей за работу «Экспериментальное и теоретическое исследование локальной структуры поверхности Ag(100) в реакции взаимодействия с молекулярным йодом», выполненную с коллегами по базовой кафедре Андрюшечкиным Б.В., Жидомировым Г.М. и Ельцовым К.Н.

2. Фроня А.А., аспирантка ФИАН 2-го года обучения, как автор лучшей аспирантской работы (1-е место) с награждением денежной премией в размере 20 тыс. рублей за работу «Рассеяние излучения плазмой, образуемой при воздействии мощного лазерного излучения на малоплотные среды», выполненную (с восьмью коллегами из Физического института им.П.Н. Лебедева) на лазерной установке «Канал-2».

Памятными дипломами были награждены студенты и аспиранты, занявшие вторые места:

1. Попова Е.П., студентка 6 курса физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (кафедра математики), за доклад «Меридиональная циркуляция в Солнечном динамо»

2. Орлов Д.М., аспирант 2-го года физического факультета МГУ, за доклад «Импульсное воздействие на ударную волну при самолокализации сильноточного поверхностного разряда».

Памятными дипломами были награждены студенты и аспиранты, занявшие третьи места в конкурсе научных работ:

1. Семёнов А.В., магистр 2-го года обучения физико-технического факультета Петрозаводского государственного университета, за работу «Исследование модификации поверхности частиц плазменных кристаллов» (выполненную совместно с сотрудниками научно-образовательного центра «Плазма», г. Петрозаводск)

2. Котова Е.Н., аспирантка 2-го года физического факультета МГУ, за работу «Дисперсия группового показателя преломления при ВРМБ в волоконных световодах с набором резонансных частот звука» (выполненную совместно с Ковалёвым В.И., ФИАН)

3. Худомясов А.В., аспирант ИТЭФ, за работу «Невозможная диагностика ионных пучков по свечению газа» (выполненную совместно с восьмью сотрудниками ФГУП ГНЦРФ «Институт теоретической и экспериментальной физики»).

В данном сборнике 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 Памятный Диплом конференции и электронную версию этого сборника.

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

Председатель Жюри,
член правления МФО,
профессор, д.ф.-м.н.

А.Д. Гладун

КРИТИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА СЛОИСТЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР ФЕРРОМАГНИТНЫЙ МЕТАЛЛ/ СВЕРХПРОВОДНИК ВО ВНЕШНЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Авдеев М.В., Прошин Ю.Н., Царевский С.Л.

Казанский государственный университет, 420008 Казань, ул. Кремлёвская, 18
e-mail: avdeyev_mv@mail.ru

В последние годы всё больший интерес вызывает изучение тонкоплёночных гетероструктур, состоящих из ферромагнитной (F) и сверхпроводящей (S) металлических плёнок (см., например, работы [1, 2]). Сосуществование в таких системах явлений магнетизма и сверхпроводимости приводит, в частности, к нетривиальной зависимости критической температуры T_c от толщины ферромагнитной плёнки d_F : от монотонного спада с увеличением до периодически возвратной сверхпроводимости. Необычные свойства рассматриваемых систем и богатая физика данного явления указывает на возможность создания на основе F/S гетероструктур спиновых переключателей – элементарных логических элементов.

Данная работа посвящена изучению трёхслойной $F_1/S/F_2$ структуры, помещённой во внешнее магнитное поле H , направленное параллельно плоскости контакта. Расчёт производился в рамках линеаризованного уравнения Узаделя с учётом так называемых “Umklapp processes” для поперечной компоненты ЛОФФ пары на интерфейсе контакта для граничных условий, предложенных в [2]. В работе получены зависимости в случае параллельной (P) и антипараллельной (AP) ориентации намагниченностей соседних F слоёв при различных значениях магнитного поля [3]. Рассмотрены несоразмерные трехслойные структуры с различающимися друг от друга параметрами слоёв F_1 и F_2 (толщинами слоёв, коэффициентами прозрачности S/F интерфейсов слева и справа, обменными полями в F_1 и F_2). Показано, что магнитное поле позволяет управлять свойствами $F_1/S/F_2$ структур, приводя к различным зависимостям. Показано также, что состояние при AP ориентации всегда энергетически более выгодно состояниям с P ориентацией намагниченностей. Найдены распределения сверхтоков в рассматриваемых структурах.

Литература

1. Buzdin A.I. 2005 Rev. Mod. Phys. 77 935.
2. Изюмов Ю.А., Прошин Ю.Н., Хусаинов М.Г. УФН 172 113 (2002).
3. M. Avdeev, M. Khusainov, Yu. Proshin, S. Tsarevskii // Scientific Abstracts of LT25, Amsterdam, Netherlands, August 6 - 13, 2008. – Amsterdam, P. 164 (PB-Sa127).

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТАВА ОБЛУЧЕННОГО МАТЕРИАЛА ШВА КОРПУСОВ ВВЭР-440 МЕТОДОМ ТОМОГРАФИЧЕСКОЙ АТОМНО-ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Алеев А.А., Залужный А.Г., Никитин А.А., Рогожкин С.В.,

Государственный научный центр Российской Федерации Институт
теоретической и экспериментальной физики (ФГУП ГНЦ РФ ИТЭФ)
(117218, г. Москва, ул. Б. Черемушкинская 2, Andrey.Aleev@itep.ru)

В рамках программы по продлению эксплуатационного ресурса ядерных реакторов ВВЭР-440 проведены томографические атомно-зондовые исследования материала шва стенки реактора Ровенской АЭС. Проведенные исследования выявили наличие наноразмерных кластеров обогащенных Си, Р. Помимо Р-Си кластеров в образцах были также обнаружены два типа карбидов, обогащенных элементами V, С. Проведено сравнение распределения химических элементов в кластерах и матрице в различных состояниях.

УСКОРЕНИЕ ЧАСТИЦ И ЭФФЕКТЫ СИЛЬНОЙ АНИЗОТРОПИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ЧАСТИЦ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КОРОТКИХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА ВЕЩЕСТВО

Андряш И.А.

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН
(119991, Москва, Ленинский проспект, д.53
iandr@sci.lebedev.ru)

Активное развитие лазерных технологий позволило создавать и оперировать с короткими мощными лазерными импульсами оптического и рентгеновского диапазонов. Взаимодействие таких импульсов с веществом позволяет исследовать процессы, происходящие на очень коротких (фемтосекундных) временах и при очень высоких интенсивностях. Например, такой импульс способен практически мгновенно ионизовать мишень и ускорить свободные электроны до высоких энергий. При этом ионы вещества также ускоряются в поле разделения заряда. Кроме того, рядом особенностей обладает и сам процесс ионизации вещества рентгеновским коротким импульсом – он способен создавать плазму посредством фотоионизации, определяя, такие характерные свойства функции распределения электронов как анизотропию, моноэнергетичность или мульти-моноэнергетичность. Создание плазмы вблизи по-

верхности мишени мощным импульсом оптического диапазона в соответствии с процессом туннельной ионизации, также приводит к неравновесности электронного распределения. Это может существенным образом определять свойства плазмы, такие как, например, поглощение лазерного излучения, процесс теплопереноса в плазме. В свете растущей актуальности исследований, связанных с лазерным термоядерным синтезом (ЛТС), адронной терапией раковых заболеваний, радиографией, созданием компактных источников нейтронов или мощного рентгеновского излучения, получением короткоживущих изотопов, изучение механизмов лазерного ускорения ионов становится приоритетным направлением.

Предложена модель ускорения ионов примеси в задаче о кулоновском взрыве многокомпонентной мишени, показано формирование сферического слоя практически моноэнергетических легких ионов примеси и изучена зависимость их спектра от параметров кластера и лазерного импульса [1, 2]. Впервые описаны свойства фотоионизационной двухпоточковой (ФИДП) неустойчивости и поперечной электромагнитной фотоионизационной вейбелевской (ФИБ) неустойчивости для случаев ионизации мишени излучением рентгеновского диапазона [3]. Также, на основе численного моделирования описывается нелинейная эволюция ФИДП неустойчивости с учетом столкновительной диссипации, релаксации анизотропии, конечного времени действия импульса [4, 5]. Для задачи взаимодействия лазерного импульса с поверхностью твердотельной мишени предложена модель раскачки продольно-поперечной плазменной неустойчивости на интерференционных нетепловых плазменных возмущениях на поверхности мишени, что может привести к значительному дополнительному поглощению энергии лазера [6].

Литература

1. *И.А. Андрияш, В.Ю. Бычков, В.Ф. Ковалев.* Письма ЖЭТФ, **87**, с. 720, 2008.
2. *K.I. Popov, V.Yu. Bychenkov, I.A. Andriyash, R.D. Sydora, and W. Rozmus.* Journal of Plasma and Fusion Research, **3**, № 2, to appear in 2009.
3. *И.А. Андрияш, В.Ю. Бычков.* Физика Плазмы, **32**, с. 646, 2006.
4. *И.А. Андрияш, В.Ю. Бычков.* Физика Плазмы, **33**, с. 1065, 2007.
5. *I.A. Andriyash, V.Yu. Bychenkov, W. Rozmus.* High Energy Density Phys., **4**, p 73, 2008
6. *И.А. Андрияш, В.Ю. Бычков.* Квантовая Электроника, **38**, 869, 2008.

АНОМАЛЬНОЕ ПРОХОЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ЧЕРЕЗ ПЕРИОДИЧЕСКИЙ МАССИВ ЩЕЛЕЙ В МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛЕНКЕ

²Бабичева В.Е., ¹Лозовик Ю.Е.

¹Институт спектроскопии РАН
ул. Физическая, д. 5, Троицк, Московская обл., 140190, lozovik@isan.troitsk.ru

²Московский физико-технический институт (ГУ)
Институтский пер., д.9, Долгопрудный, Московская обл., 141700,
vitanyvitany@mail.ru

Одним из важных вопросов в изучении аномального прохождения электромагнитной волны через металлическую пленку с периодическим массивом субволновых щелей является определение природы пиков и, в частности, роли поверхностных плазмон-поляритонов в этом явлении. Так как задача аномального прохождения сложна для аналитического изучения, очень важен численный эксперимент с наименьшими упрощениями. Мы провели численное моделирование этого явления с помощью метода конечных разностей (Finite-Difference Time-Domain Method, FDTD). Рассчитаны спектры пропускания и поглощения для систем с различными геометрическими параметрами, не только тонких пленок, но и с толщинами сравнимыми с периодом структуры. Пики поглощения наблюдаются при тех же длинах волн, что и пики аномального прохождения. Величина пика поглощения уменьшается с увеличением длины волны. Мы провели изучение прохождения электромагнитного излучения не только для реального металла, но и для идеального металла (в той же геометрии, что и для реального металла— серебра). Так как наибольший интерес вызывает происхождение пика в области длин волн близких к периоду структуры, то мы провели исследование аномального прохождения для тонких пленок. В тонких пленках наблюдается только пик в области длин волн близких к периоду структуры. Численное моделирование методом FDTD аномального прохождения электромагнитной волны через массив субволновых щелей в металлических пленках с различными толщинами показало полное согласование с результатами, предсказанным формулой Фабри-Перо. Моделирование идеального металла также обнаружило аномальное прохождение. Оказалось, что положение и величина пиков аномального прохождения может быть объяснена в рамках лишь одномодового приближения и не требует введения плазмон-поляритонных резонансов, отсутствующих в идеальном металле. В области длин волн, близких к периоду решетки, наблюдается узкая полоса пропускания, что позволяет применять данное явление в частотных фильтрах и наносенсорах.

МОЩНЫЙ ФОКУСИРОВАННЫЙ УЛЬТРАЗВУК В НЕИНВАЗИВНОЙ ХИРУРГИИ: НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ КАЛИБРОВКЕ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В ВОДЕ И ПЕРЕНЕСЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НА ТКАНЬ

Бессонова О.В., Хохлова В.А.

Московский государственный университет, физический факультет, кафедра
акустики (119991, г. Москва, Ленинские горы, тел. (495) 939-2952;
olga@acs366.phys.msu.ru)

Мощный фокусируемый ультразвук (HIFU) применяется во многих современных областях медицины, таких как акустическая хирургия, литотрипсия, остановка внутренних кровотечений. Несмотря на это, до сих пор не существует общепринятых международных стандартов для описания полей мощных терапевтических преобразователей и их сертификации. Одним из основных осложняющих факторов здесь являются сильные нелинейные эффекты, которые приводят к генерации высших гармоник, асимметричному искажению профиля волны, дополнительному поглощению энергии волны на разрывах. В качестве базовой величины для характеристики HIFU-преобразователей часто используется усреднённая по времени и по фокальному пятну интенсивность. Однако ясно, что в нелинейном поле знания только интенсивности недостаточно. При калибровке HIFU-излучателей необходимо измерять такие параметры, как профиль волны, интенсивность, пиковые значения давления, мощность тепловых источников. Даже в воде измерение нелинейных полей в широком диапазоне используемых мощностей является сложной дорогостоящей процедурой, требующей использования широкополосных миниатюрных датчиков. Такие измерения практически невозможны в биологической ткани. Более того, если измерения нелинейных полей проведены в воде, эти данные невозможно прямым образом перенести на ткань. Нелинейные эффекты по-разному проявляются в воде и ткани, поскольку в ткани поглощение гораздо сильнее. Поэтому численное моделирование важных акустических параметров в нелинейных фокусируемых пучках может служить мощным дополняющим и даже заменяющим реальный эксперимент инструментом для калибровки преобразователей, перенесения полученных в воде данных на ткань, разработки стандартов использования HIFU. В данной работе на основе уравнения Хохлова-Заболотской-Кузнецова исследованы особенности нелинейной фокусировки периодических волн с равномерным распределением амплитуды гармонического сигнала на излучателе, характерным для медицинских терапевтических систем. Моделирование проводится для случаев распространения волны в воде и в

поглощающей среде. Получены максимальные коэффициенты концентрации фокусирующих систем, работающих в нелинейных режимах, в воде и биологической ткани в широком диапазоне параметров фокусировки, а также предельные значения акустических параметров, которые достигаются в фокальной области пучка. Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №06-02-16860 и ИНТАС №05-1000008-7841.

СЖИМАЕМОСТЬ И ВНУТРЕННЕЕ ДАВЛЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ. ПРАВИЛО НЕПЕРЕСЕЧЕНИЯ V-P ЗАВИСИМОСТЕЙ

Болотов А.В.*, Киселев В.Д., Кашаева Е.А., Коновалов А.И.

Химический институт им. А.М. Бутлерова Казанского государственного университета

(Россия, 420008 г. Казань, ул. Кремлевская, 18, e-mail: highpress@gmail.com)

В работе предложен новый оригинальный экспресс-метод спектрофотометрического определения сжимаемости жидкостей по данным о поглощении раствора красителя под давлением [1]. Метод проверен сопоставлением с известными данными для четыреххлористого углерода и толуола при 25°C. Также разработан и запатентован (патент РФ Рег. №119500/28) новый прецизионный метод определения сжимаемости жидкостей в интервале температур до 100°C и давлений до 1000 бар. Принципиальная новизна заключается в определении сжимаемости при изотермическом сбросе давления. Метод отличается простотой исполнения эксперимента, производительностью и высокой точностью. Показано хорошее соответствие с имеющимися литературными данными (ошибка измерений не превышает 0,3%). Измерена сжимаемость жидкостей: хлорбензол, толуол, ацетонитрил, 1,4-диоксан, н-гексан, этилацетат. Собрана база данных по сжимаемости жидкостей в широком интервале давлений и температур. Обнаружена высоконадежная корреляция между модулем объемного сжатия при атмосферном давлении и обратной величиной сжатия при 1000 бар для 250 жидкостей в широком интервале температур, позволяющая предсказывать сжимаемость жидкостей при высоких давлениях. В корреляционные соотношения вошли жидкости разных классов и при разных температурах (циклические, линейные и разветвленные алканы, алкены, спирты, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, простые и сложные эфиры, нитрилы, галоген- и нитропроизводные, амины, амиды, гетероциклы, бифункциональные соединения и даже ртуть). Обнаружено правило пересечения V-P зависимостей. С помощью обнаруженной нами закономерности («Правило пересечения») впервые появилась возможность предсказать с высокой точностью значения PVT

параметров и термические коэффициенты жидкостей, которые, в силу экспериментальных трудностей, почти полностью отсутствуют в мировой литературе. Собранные данные о сжимаемости при атмосферном давлении, мы теперь можем рассчитать неизвестные коэффициенты Тэйта (C, B), что сделано нами для 34 жидкостей [2]. Проанализированы разные подходы к расчету параметра внутреннего давления жидкостей. Сопоставлены величины внутреннего давления по данным о небольшом изотермическом расширении жидкости, о плотности энергии когезии, об энергии образования полости в жидкости при растворении в ней циклогексана, об энергии, необходимой для расширения 1 л жидкости на 1 см³ [3].

Литература

1. В.Д. Киселев, А.В. Болотов, Е.А. Кашаева, А.И. Коновалов. Определение изотермического коэффициента сжимаемости растворителя по изменению поглощения под давлением. Изв. РАН. Серия химическая. 2006. No 12. 2049-2052.
2. V.D. Kiselev, A.V. Bolotov, A.P. Satonin, I.I. Shakirova, E.A. Kashaeva, A.I. Kononov. Compressibility of Liquids. Rule of Noncrossing V-P Curvatures. Journal Physical Chemistry B, 2008, V.112, pp. 6674-6682.
3. В.Д. Киселев, А.В. Болотов, А.П. Сатонин, Е.А. Кашаева, А.И. Коновалов. Сжимаемость жидкостей и ее внутреннее давление. Ученые записки КГУ, Серия естественные науки, 2008, т.150, кн.3, с.76-90.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ИЗОТРОПНЫХ КОСМОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В АНИЗОТРОПНОЙ МЕТРИКЕ БЬЯНКИ I.

Булатов Н.В.

Физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова (119991, Москва,
Ленинские горы, МГУ им. М.В.Ломоносова, Дом 1, строение 2, Физический
Факультет, nick_bulatov@mail.ru)

Как известно, экспериментально наблюдаемое ускоренное расширение Вселенной указывает на то, что в настоящий момент во Вселенной доминирует равномерно распределённое вещество с отрицательным давлением. Для описания вещества в космологии обычно используется феноменологическое соотношение между его давлением и плотностью его энергии $p = w\rho$. Интересующий нас случай $w < 0$ соответствует веществу, называемому тёмной энергией. Современные эксперименты свидетельствуют о том, что в настоящее время значение параметра

состояния темной энергии w лежит в интервале $-1.11 < w < -0.86$. Этот интервал охватывает три существенно разных случая: случай $w > -1$ реализуется в моделях квинтэссенции, случай $w = -1$ может быть реализован с помощью космологической константы, случай $w < -1$ реализуется в фантомных моделях – моделях со скалярным полем, имеющим фантомный знак перед кинетическим членом. В случае фантомных моделей нарушаются все энергетические условия, и возникают проблемы неустойчивости решений на классическом и квантовом уровнях. Поскольку нет экспериментального подтверждения того, что случай $w < -1$ невозможен, и предложена прямая стратегия экспериментальной проверки неравенства $w < -1$, то важно найти непротиворечивую модель, в которой условие $w < -1$ выполняется.

В ряде работ найдены следующие из струнной теории поля фантомные модели, космологические решения для которых устойчивы при некоторых условиях. Однако во всех случаях была проанализирована устойчивость космологических решений лишь в метрике Фридмана, характерной особенностью которой является точная изотропия. При этом для анализа устойчивости полученного изотропного решения к нему прибавлялась малая изотропная добавка и доказывалось сохранение ее малости. В действительности известно, что Вселенная изотропна, но наблюдаются отклонения от изотропии. Поэтому в качестве решения, конечно, нужно искать изотропную функцию, но добавки могут быть различными для разных осей. Наиболее простой метрикой, учитывающей анизотропию Вселенной, является анизотропная метрика Бьянки I, для которой масштабные факторы различны для разных осей.

В настоящей работе проведено исследование устойчивости изотропных космологических решений относительно анизотропных добавок в первом порядке по возмущению, использовалась анизотропная метрика Бьянки I и рассматривался общий случай скалярного поля (с любым знаком перед кинетическим членом и произвольным видом потенциала). Затем аналогичным образом рассмотрен случай нескольких взаимодействующих полей (с любыми знаками перед кинетическими членами и произвольным видом потенциала). После чего рассмотрены некоторые точно решаемые модели на предмет устойчивости космологических решений в метрике Фридмана. Основное внимание уделено примерам фантомных моделей, которые появляются в эффективных теориях, следующих из струнной теории поля.

Результат, полученный в этой работе, заключается в том, что если некоторая модель с произвольным числом полей и потенциалом даёт решения, устойчивые в метрике Фридмана, и соответствующий параметр Хаббла положителен, то эти решения будут устойчивы и в анизотропной метрике Бьянки I.

ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПОНТАННОГО НАРУШЕНИЯ КИРАЛЬНОЙ СИММЕТРИИ СИЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В СИЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Буйвидович П.В.

(Институт Теоретической и Экспериментальной Физики, 117218 Москва, ул.
Большая Черемушkinsкая, 25, лаб. 190, e-mail: gbuividovich@gmail.com)

В численных экспериментах по методу Монте-Карло исследуется влияние сильного внешнего магнитного поля на спонтанное нарушение киральной симметрии в квантовой хромодинамике, теории, описывающей сильные взаимодействия между адронами в терминах более элементарных их составляющих — кварков и глюонов. Показывается, что внешнее магнитное поле увеличивает киральный конденсат, являющийся параметром порядка для нарушения киральной симметрии. Полученный результат затем сравнивается с результатом, полученным на основе вычислений в низкоэнергетической эффективной теории пионов (киральной теории возмущений). Микроскопическая причина усиления спонтанного нарушения киральной симметрии лежит в изменении корреляций между кварками и глюонами в присутствии магнитного поля. Показывается, как магнитное поле меняет фрактальную структуру собственных функций оператора Дирака для кварков.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ДИФфуЗИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ В МЕТАЛЛАХ С КУБИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ

Валикова И.В.

Московский инженерно - физический институт (государственный
университет)
(115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31, e-mail: IValikova@mail.ru)

В работе решается задача о температурной зависимости атомарной структуры и диффузионных характеристик дефектов, в частности, определяющих влияние давления на диффузию. Для этого разработана оригинальная модель, основанная на методе молекулярной статистики. В модели реализуется новый алгоритм, позволяющий самосогласованным образом рассчитать атомарную структуру в окрестности дефекта и константы, определяющие смещения атомов, погруженных в упругую среду, окружающей расчетную ячейку. Так же в модели учитывается тот факт, что энергия системы зависит от давления и эта зависимость разная в случае идеальной системы, системы с дефектом и системы с дефектом и перескакивающим атомом в седловой

позиции, что приводит к появлению дополнительных вкладов в объемы образования и миграции. Получены выражения для упомянутых вкладов. Кроме того, в модели принимается во внимание, что перескок атома в вакансию происходит за время нескольких колебаний атома в узле решетки. За это время на возникшие возмущения в системе успевают отреагировать только атомы, расположенные в непосредственной близости от перескакивающего атома, поэтому при моделировании миграции вакансии проводится лишь релаксация части атомов системы. При этом изменения объема как целого за время скачка не происходит, поэтому в объем миграции будет давать вклад только слагаемое, связанное с зависимостью энергии от давления.

На основании результатов, полученных Методом Молекулярной Динамики, показано, что с изменением температуры подобие структуры в окрестности дефекта сохраняется. Т.е. расстояния между атомами в системе с дефектом изменяются так же, как и в идеальной системе, пропорционально коэффициенту термического расширения. Это позволило рассчитать атомарную структуру при различных температурах и на основании этого определить температурную зависимость диффузионных характеристик точечных дефектов в металлах.

Таким образом, нами рассчитаны не только энергии и объемы образования и миграции для вакансий в различных ОЦК и ГЦК металлах, но и их температурная зависимость.

СВЕРХВЫСОКАЯ ЗАРЯДКА ЧАСТИЦ И КУЛОНОВСКИЙ ВЗРЫВ В ПЫЛЕВОЙ ПЛАЗМЕ, ИНДУЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

Ворона Н.А. , Гавриков А.В., Петров О.Ф., Васильев М.Н.

Учреждение Российской академии наук
Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН)
125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2
raraavis@ihed.ras.ru

Большой интерес представляет изучение свойств пылевой плазмы при воздействии электронного пучка, так как помимо обширных возможностей экспериментального изучения физики сильно неидеальных систем эксперименты с электронным пучком дают уникальную возможность создания новых плазменно-пылевых технологий по получению композитных материалов нового поколения. При предельно высоких зарядах положительно заряженные ионы в электростатическом поле частиц конденсированной дисперсной фазы будут ускоряться до высоких энергий. Это открывает уникальные возможности использования высоко заряженных частиц для глубокой имплантации ионов с целью получения материалов с новыми

объемными свойствами, в качестве катализаторов для увеличения скоростей реакций с высоким энергетическим барьером, в ионных двигателях для ускорения космических аппаратов.

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования зарядки пылевых частиц при непосредственном воздействии электронного пучка. Эксперименты проводились в атмосферах различных газов (воздух, гелий) при давлениях $\sim 10^{-4}$, 0,2, 0,6 Торр и выше, при этом были использованы частицы различных материалов и формы. Ток электронного пучка изменялся в диапазоне от 1 до 10 мА, разгоняющее напряжение составляло 25 кВ, диаметр пучка в области воздействия на макрочастицы составлял 3 мм.

Предложена модель, которая позволяет оценить заряд, получаемый частицами при непосредственном воздействии электронного пучка, на основе анализа динамики их разлёта. Проведены оценки нагрева частиц в условиях эксперимента и времени их зарядки. Сделаны выводы о влиянии вторичной электронной эмиссии и термоэмиссии электронов с поверхности частиц на их зарядку. Оценки заряда, приобретаемого частицами оксида алюминия диаметром около 200 мкм при попадании в электронный пучок при давлении $\sim 10^{-4}$ Торр в воздушной атмосфере дают значение $\sim 10^7$ - 10^8 элементарных зарядов, что на ~ 2 -3 порядка больше, чем заряд, приобретаемый пылевыми макрочастицами в высокочастотном разряде.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АТОМАРНОЙ СТРУКТУРЫ В ОКРЕСТНОСТИ ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ С УВЕЛИЧЕНИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ В ОЦК И ГЦК МЕТАЛЛАХ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

Германов А.Б., Решетникова Е.В., Назаров А.В.

Московский инженерно-физический институт (государственный университет)
Каширское шоссе, д.31
avn46@mail.ru

Целью предлагаемой работы является детальное изучение изменения атомарной структуры в окрестности вакансий и междоузельных атомов с увеличением температуры, поскольку характеристики, устанавливающие зависимость концентрации и диффузионные подвижности точечных дефектов от давления определяются именно такой структурой.

Нами была разработана модель и проведено моделирование изменения структуры в окрестности междоузельных атомов и вакансий с увеличением температуры методом молекулярной динамики. В модели изучается движение атомов в кластере

сферической формы. Под кластером здесь понимается расчетная ячейка со свободными границами, атомы которой расположены в узлах, соответствующих ОЦК или ГЦК структурам. Максимальное количество атомов в системе достигало 35000. Время компьютерного эксперимента составляло от нескольких сотен до тысяч периодов колебаний атомов. При этом использовались парные и многочастичные потенциалы, хорошо описывающие такие ОЦК или ГЦК металлы как железо, ванадий и цирконий, медь, алюминий и никель.

В ходе изучения изменения атомарной структуры в окрестности точечных дефектов в центре расчетной ячейки рассчитывались средние положения атомов первых четырех координационных сфер в окрестности дефектов. Это позволяло определять расстояния от дефекта до атомов соответствующей координационной сферы и зависимость этих расстояний от температуры. Аналогичным образом, исходя из геометрии соответствующей кристаллографической структуры, находилась величина параметра решетки в бездефектном кристалле. Далее рассчитывались отношения расстояний от дефекта до атомов координационных сфер к параметру решетки в зависимости от температуры.

Важный результат, который был нами получен заключается в том, что отношения радиусов координационных сфер к параметру решетки остаются неизменными при повышении температуры, т.е. сохраняется геометрическое подобие структуры в окрестности точечных дефектов. Этот факт позволяет рассчитывать зависимость характеристик междоузельных атомов и вакансий, определяемых атомарной структурой, с изменением температуры исходя из пропорционального изменения расстояний между атомами системы.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ Ag(100) В РЕАКЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С МОЛЕКУЛЯРНЫМ ЙОДОМ

Гладченко Е.В.^{1,2*}, Андリュшечкин Б.В.², Жидомиров Г.М.^{2,3},
Ельцов К.Н.²

¹ Московский физико-технический институт
141700, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский переулок, 9

² Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН
119991, Москва, ул. Вавилова, 38

³ Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы*

hladchanka@kapella.gpi.ru

Задача изучения механизма зарождения и роста кристаллов на твердотельных подложках является одной из важнейших проблем в современной физике. Ее значимость обусловлена тем, что все технологические процессы в микроэлектронике, полупроводниковой технологии, в конечном счете, сводятся к росту новой кристаллической фазы на твердой кристаллической подложке. Особая актуальность данной проблемы связана с дальнейшим прогрессом технологий и переходом в нанометровый диапазон, который невозможен без обладания информацией о поведении и свойствах системы на атомном уровне.

В работе исследуется на атомном уровне рост тонкой пленки AgI на поверхности Ag(100) от стадии формирования монослойного покрытия до формирования сплошной пленки галогенида. Основными методами исследования являлись сканирующая туннельная микроскопия (СТМ) и теория функционала плотности (ТФП). Все эксперименты проводились при комнатной температуре в условиях сверхвысокого вакуума. Расчеты проводились с использованием программного пакета VASP на кластере МФТИ.

Установлено, что на первом этапе адсорбции йод формирует на поверхности Ag(100) простую решетку $c(2 \times 2)$. *Ab initio* расчеты показали, что предпочтительным центром адсорбции атомов йода является полносимметричное положение в ямке между четырьмя атомами подложки. Дальнейшая экспозиция йода приводит к росту островков AgI (рис. 1а). На поверхности островков, помимо атомной модуляции, наблюдается отчетливая сверхструктура $(2\sqrt{2} \times 12\sqrt{2})R45^\circ$ (рис. 1б). Моделирование, выполненное методом ТФП, позволило для описания структуры островков предложить модель «сэндвича» (рис. 1 в), которая отличается от всех известных моделей, описывающих структуру объемного кристалла AgI. «Сэндвич», состоящий из двух слоев атомов серебра в середине и двух слоев из атомов йода на границах, расположен над монослоем йода в структуре $c(2 \times 2)$. Правдоподобность новой модели подтверждается отличным согласием между теоретически рассчитанным и экспериментальным СТМ изображением поверхности островков AgI (рис. 1 г).

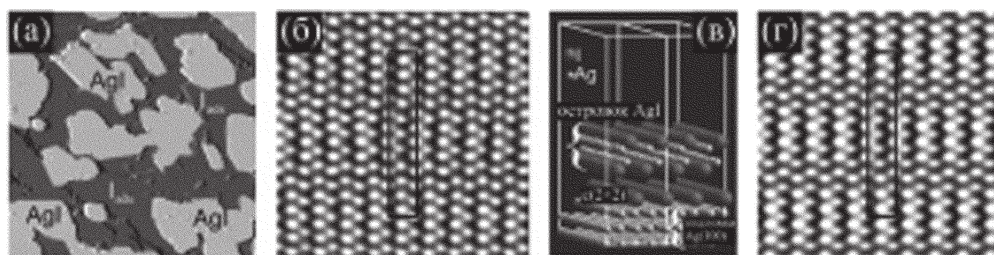


Рисунок 1. (а) Панорамное СТМ изображение ($600 \cdot 600 \text{ nm}^2$) йодированной поверхности Ag(100); (б) СТМ изображение островка AgI ($7,5 \cdot 7,5 \text{ nm}^2$); (в) модель структуры островка AgI; (г) рассчитанное СТМ изображение новой структуры ($7,5 \cdot 7,5 \text{ nm}^2$).

СОЗДАНИЕ СТАТИЧЕСКОГО ФУРЬЕ – СПЕКТРОМЕТРА

Голяк Ил.С., Косенко Д.В.

МГТУ имени Н.Э. Баумана, кафедра «Физика» (105005, Москва, ул. 2-ая Бауманская д.5,
iliyagol@mail.ru)

В данной работе рассматривается методика получения спектров излучения видимого диапазона на основе статической интерференционной схемы.

Основа оптической системы установки – светоделительный куб с отражающими гранями, расположенными под определенными углами.

Светоделительный куб дает выигрыш в светосиле по сравнению с дифракционными решетками – выигрыш Жакино, а многоэлементное ФПУ позволяет добиться выигрыша в быстродействии и в точности измерений в , поскольку каждый участок спектра измеряется не один, а раз (выигрыш Фелжета).

Предложенная схема (рис. 1) позволяет регистрировать спектры вторичного излучения (люминесценции и комбинационного рассеяния) широкого круга органических и неорганических веществ.

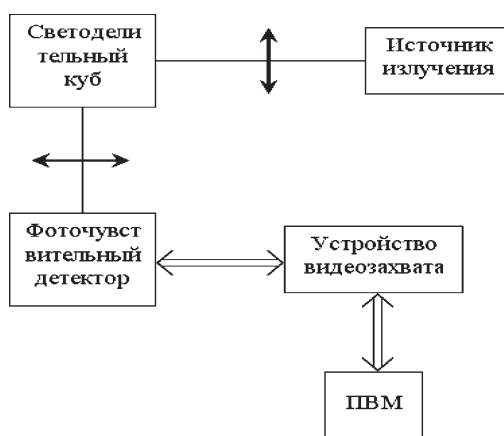


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки.

В результате экспериментов были получены интерференционные картины от различных веществ (в том числе и от бумаги) и источников излучения (диоды с длинами волн 280 и 365 нм, лазер – 532 нм).

Из-за неоднородностей в светоделительном кубе, возникают искажения полученного сигнала, которые проявляются как темные пятна и неровности

интерференционных полос (спеклы). Поэтому при обработке интерференционных картин, учитывался фон - маска светоделительного куба. Полученный спектр бумаги изображен на рисунке 2. Он качественно совпадает со спектром, полученным на дифракционном спектрометре.

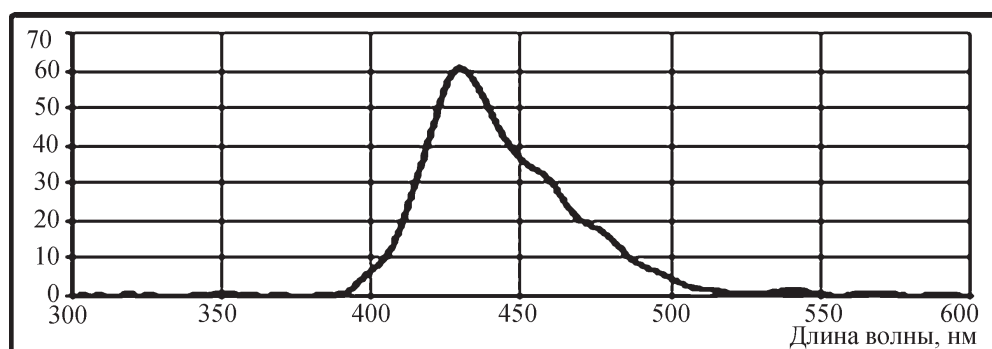


Рисунок 2. Спектр бумаги, диод $\lambda=365$ нм

Данная установка может быть использована для регистрации спектров вторичного излучения и последующего их анализа с целью обнаружения и идентификации веществ.

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ИНТЕРФЕРОГРАММ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ СТАТИЧЕСКОГО ФУРЬЕ-СПЕКТРОМЕТРА

Голяк Иг.С.

МГТУ имени Н.Э. Баумана, кафедра «Физика»
105005, Москва, ул. 2-ая Бауманская д.5
gwynbleidd_85@mail.ru

Основной задачей спектроскопии является измерение спектра излучения. Спектр излучения содержит разнообразную информацию, как о самом излучении, так и о веществе, с которым излучение взаимодействует. В Фурье-спектроскопии спектр излучения получается в 2 этапа:

1. Регистрация интерферограммы излучения;
2. Путём обратного преобразования Фурье вычисляется спектр излучения.

В исследовании были зарегистрированы двумерные интерферограммы излучений источников возбуждающего излучения и вторичных излучений исследованных объектов.

Источники, используемые в исследовании:

- ультрафиолетовый светодиод с длиной волны 365 нм;
- твердотельный лазер с длиной волны 532 нм;
- люминесценция бумаги.

В примере (рис. 1) приведено зарегистрированное изображение, имеющее отчетливые интерференционные полосы. Однако их обработка затруднена наличием геометрических искажений, а также нелинейным преобразованием интенсивностей при регистрации.

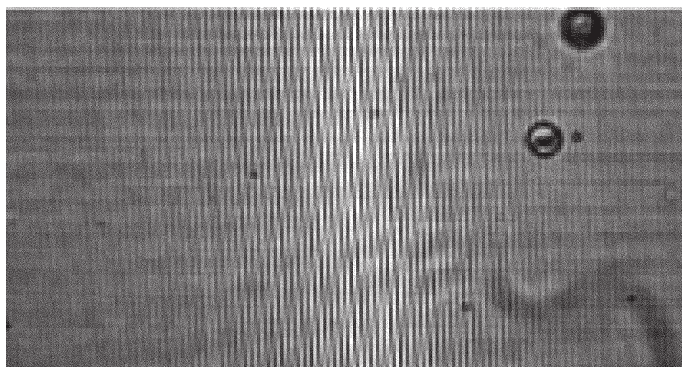


Рисунок 1. Фрагмент интерференционной картины для источника с $\lambda=365$ нм.

Поскольку в двумерных изображениях присутствует шум, используется усреднение интенсивности интерференционных картин по сечениям, перпендикулярным интерференционным линиям. Для каждого изображения были определены 11 сечений, разнесенных по вертикали, и подобран угол так, чтобы изображения в различных сечениях были максимально близки друг к другу. Результирующая одномерная картина интенсивностей (которая и является автокоррелограммой) получалась усреднением всех сечений. Поскольку каждое сечение строилось также с усреднением по некоторой небольшой полосе, фактически в результирующей кривой проведено усреднение по большей части полезной площади изображения.

Для визуализации изображений, выбора угла поворота, масштаба, области обработки, а также для преобразования интерферограммы в спектр было создано специализированное программное обеспечение. Следующая иллюстрация и результат получены с его помощью.

В качестве тестового объекта использовалась обычная бумага. Это изображение отличается быстрым убыванием интенсивности интерферограммы. На этом примере удобно проиллюстрировать алгоритм устранения некоторых плав-

ных искажений яркости изображения.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

Гращенко П.В., Жук А.З., Кисленко С.А., Самойлов И.С.

ОИВТ РАН
125412, Москва, ул. Ижорская, д.13, стр.2
graschenko@bk.ru

Топливные элементы (ТЭ), как правило, дополняются импульсными электронными преобразовательными устройствами, влияние которых на характеристики ТЭ обычно негативно. В работе исследовано влияние нестационарных режимов работы на эффективность ТЭ.

Экспериментально изучены переходные процессы, реализующиеся при импульсно-периодическом нагружении в широком диапазоне частоты и скважности, в модельных ячейках ТЭ с алюминиевым и магниевым катодами с применением осциллографической регистрации электродинамических характеристик устройства.

На основе анализа литературных данных и осциллографических измерений импульсного режима модельной топливной ячейки выбрана эквивалентная схема (ЭСЗ) топливной ячейки, состоящая из линейных реактивных и диссипативных элементов. Составляющие элементы ЭСЗ ТЭ определены из результатов осциллографирования и модельного анализа переходных процессов с применением пакета OrCAD. Модельный анализ ЭСЗ ТЭ также позволил визуализировать электродинамические процессы на внутренних элементах ТЭ и определить влияние отдельных элементов ЭСЗ на энергетические характеристики устройства в целом.

С применением импедансометрии исследована модельная ячейка ТЭ с различными электролитами. Исследованы полуэлементы (электроды) модельной ячейки. Из полученных данных определены лимитирующие стадии и уточнена ЭСЗ. Рассчитаны величины элементов уточненной ЭСЗ, согласующиеся с полученными из осциллографирования переходных процессов.

Импульсно-периодическая работа ТЭ также проанализирована в широком диапазоне изменения частотных параметров нагружения и варьировании составляющих ЭСЗ с применением пакета Mathematica. Показано, что существует принципиальная возможность увеличения снимаемой с ТЭ мощности при модуляции нагрузки за счет влияния реактивных электротехнических эффектов. Указаны величины внутренних характеристик топливных элементов, при выполнении которых, возможно увеличение средней снимаемой мощности. Указаны также характеристики

импульсной коммутации (частотный диапазон и скважность). Выработаны рекомендации по улучшению модельной ячейки ТЭ применительно к работе его в импульсно-периодических режимах.

ГИДРОФОБИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ВОРСОВЫХ КОЖ ФИЗИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Гыйлметдинова Г.З., Абдуллин И.Ш., Рахматуллина Г.Р.

Казанский государственный технологический университет
г. Казань, Ул. К. Маркса, 68, 420015
e-mail: kstu @. ru

Традиционные методы модификации материалов кожевенной промышленности не позволяют комплексно улучшить характеристики кожи и создают ряд проблем, важнейшими из которых являются дефицит сырьевых и энергетических ресурсов, загрязнение окружающей среды, и не всегда могут удовлетворять всё возрастающие запросы потребителей. Существенным недостатком традиционных методов обработки является то, что изменение в заданную сторону одного параметра сопровождается, как правило, ухудшением других свойств материала. Так для создания гидрофобной поверхности по традиционной технологии велюр гидрофобизуют кремний- или фторорганическими соединениями, но применение данных методов приводит к неизбежному ухудшению гигиенических свойств натурального материала.

В последнее время, все шире применяются для модификации капиллярно - пористых материалов неравновесная низкотемпературная плазма. Однако не проводились исследования о влиянии плазменной обработки на парообменные свойства материала. В данной работе рассматривается возможность гидрофобизации натуральных кож физическим методом. Исследуется влияние неравновесной низкотемпературной плазмы на гигиенические свойства ворсовых кожевенных материалов. В качестве объектов исследования являлся крафт шлифованный и велюр из шкур овчины.

Плазменную обработку проводили на ВЧ плазменной установке, состоящей из ВЧ-генератора, ВЧ-плазмотрона, системы газоснабжения, вакуумной камеры и измерительной аппаратуры. Проведенные эксперименты показали, что плазменная обработка позволяет создать принципиально новый натуральный материал, который обладает гидрофобной поверхностью и улучшенными гигиеническими показателями кожи. За счет модификации материала низкотемпературной плазмой выравниваются свойства кожи по площади, увеличивается объем пор и пористость материала, что улуч-

шает влагообменные процессы в капиллярно-пористом кожевном материале.

ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И НАНОЧАСТИЦ CdSe И CdSe/ZnS

Дайнеко С.В. (s.daineko@gmail.com),
Захарченко К.В. (nanophys@mail.ru),

¹Олейников В.А. (voleinik@mail.ru),
²Тедорадзе М.Г. (kolesnikov1947@mail.ru),

Чистяков А.А. (chistaa@mail.ru)

Московский инженерно-физический институт (Государственный университет)

¹Институт биоорганической химии РАН, Москва

²Институт физической химии и электрохимии РАН, Москва

В данной работе рассматриваются фотофизические и электрофизические свойства многослойных структур на основе пленок наночастиц CdSe и CdSe/ZnS и различных органических полупроводниках в том числе с внедренными наночастицами.

Получены слои с высокой концентрацией наночастиц. Поверхность полученных слоев контролировалась методом атомно-силовой микроскопии (АСМ). Изготовлены многослойные структуры на основе наночастиц CdSe и CdSe/ZnS и различных органических полупроводников (полиимидов и МЕН-PPV). В качестве подложки использовалось стекло с напыленным прозрачным электродом ITO или SnO₂. Для улучшения качества границ раздела между слоями проводилась обработка ITO в кислородной плазме. Методом АСМ было установлено, что обработка приводила к уменьшению шероховатостей ITO.

Проведено исследование лазерно-индуцированной люминесценции многослойных структур на основе конденсатов наночастиц CdSe и CdSe/ZnS, различных органических полупроводников, а также слоев органических полупроводников с внедренными наночастицами. Наблюдается резкое изменение формы спектров и уменьшение квантового выхода люминесценции при переходе от пленок наночастиц CdSe на оптическом стекле к пленкам на органических полупроводниках. Показано, что люминесценция наночастиц в матрицах органических полупроводников, а также в составе многослойных структур на основе органических полупроводников сильно подавлена. Наблюдаемые эффекты объясняются переносом фотовозбужденных носителей заряда от наночастиц к молекулам органических полупроводников, в ряде случаев приводящий к полному подавлению люминесценции

наночастиц. Наличие переноса зарядов подтверждается резким (на 2 – 4 порядка) увеличением проводимости и фотовольтаического эффекта в исследованных многослойных структурах при включении в них наночастиц CdSe и CdSe/ZnS. Наличие эффективного переноса зарядов определяет перспективность использования наночастиц для получения фотовольтаических преобразователей и электрооптоэлектронных приборов.

АКУСТИЧЕСКИЕ ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ДВАЖДЫ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ

Дмитриев К.В., Буров В.А., Сергеев С.Н.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический ф-т
119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы
Тел.: (495) 939-3081
Email: kdmitrie@aesc.msu.ru

В последнее время широко обсуждаются левые среды в электродинамике, впервые введенные в [1]. Они обладают рядом необычных свойств, в частности, отрицательным показателем преломления. Актуально исследование аналогичных сред в акустике.

Провести прямую аналогию с электродинамическим случаем здесь не удастся из-за различной поляризации волн: поперечная для электромагнитных волн и продольная в рассматриваемых задачах. По этой причине понятие акустического аналога левой среды вводится на основе совпадения наблюдаемых эффектов с имеющими место в электродинамике: разнонаправленность фазовой и групповой скоростей, отрицательный показатель преломления.

В работе рассматриваются среды, характеризующиеся отрицательными эффективными параметрами: плотностью и сжимаемостью вещества (дважды отрицательные среды). Эти параметры понимаются как динамические и описывают отклик среды на внешнее воздействие. Их отрицательность обуславливается наличием внутренних степеней свободы, связанных, например с наличием в среде резонаторов. Для обеспечения отрицательности обоих параметров необходимы резонаторы двух типов: дипольные (влияющие на эффективную плотность) и монопольные (влияющие на эффективную сжимаемость).

При описании волновых процессов в рассматриваемых средах нужно учитывать причинно-следственные связи между полевыми переменными в акустической волне. Эта связь выражается соотношениями Крамерса-Кронига. Она приводит к наличию затухания в таких средах, поскольку присутствует сильная дисперсия.

В работе предлагается распространить методы теории рассеяния на системы, содержащие включения рассматриваемых сред. Анализ ведется на основе уравнения Липпмана-Швингера, которое оказывается удобным записывать не на основе уравнения Гельмгольца (как это обычно делается), а на основе системы исходных уравнений гидродинамики. В общем виде получены аналитические результаты для рассеянного поля. Осуществлено численное моделирование рассеяния волны на телах простой формы: плоскопараллельной пластинке, цилиндре. Сравнение наблюдаемых эффектов с рассмотренными в литературе [2] позволяет говорить об эквивалентности введенных в акустику дважды отрицательных сред левым средам в электродинамике.

Проводится рассмотрение явлений, связанных с повышенной разрешающей способностью линзы из дважды отрицательного вещества. Исследуются ее характеристики в зависимости от наличия поглощения и шага дискретизации.

Обсуждаются пути практической реализации дважды отрицательных акустических сред.

Литература

1. *Веселаго В.Г.* Электродинамика веществ с одновременно отрицательными значениями μ и ϵ // УФН, том 92, вып. 3, июль 1967.
2. *Блиох К.Ю., Блиох Ю.П.* Что такое левые среды и чем они интересны? // УФН, том 174, № 4, апрель 2004.

РАЗМЕРЫ ФОКАЛЬНОГО ПЯТНА ИНТЕНСИВНОГО ПУЧКА ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ – АНАЛИЗ ОБЛУЧЕННОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОЛЬГИ

Жукова М.А.

Томский Политехнический Университет

634050, Томск, ул. Ленина 30

zhukova_mariya@mail.ru

В работе была исследована тонкая металлическая фольга, облученная пучком тяжелых ускоренных ионов ^{124}Xe . Сильно сфокусированный пучок вкладывает большое количество энергии в фокальной плоскости, что приводит к образованию микроскопических дырок в тугоплавких материалах вокруг оси пучка. Поперечные размеры пучка и дырок связаны простой аналитической моделью.

Все эксперименты проведены в Исследовательском центре тяжелых ионов (GSI),

Дармштадт, Германия. Энергия пучка ускоренных ионов от синхротрона SIS – 18 составляла порядка $E \approx 350$ МэВ/нукл; число ионов в импульсе $N \approx 6 \cdot 10^9$; длительность импульса $\tau \approx 1$ нс, для образцов использовали медную и танталовую фольгу (46 мкм, 55 мкм).

В рассматриваемой физической модели были сделаны следующие предположения: процесс нагрева рассматривается как квази-изобарическим; потери энергии на излучение не учитываются ввиду их малости; дырки образуются в конце импульса пучка, т.е. не учитывается теплопроводность.

Для математического описания предложенной модели использовали следующие величины: температура плавления T_m ; удельные потери энергии одним ионом dE/dx ; функция удельной теплоемкости $C(\rho)$; функция Гаусса для распределения ионов в пучке $G(x, y, \Gamma_x, \Gamma_y)$; удельные потери энергии в мишени E_s . Из составленной системы уравнений, связывающий размеры дырок (x, y) и функцию распределения для пучка $G(x, y, \Gamma_x, \Gamma_y)$, мы находим поперечные размеры пучка (Γ_x, Γ_y).

Из полученных результатов видно, что все значения для размеров пучка отличаются друг от друга и от результатов оптических измерений, проведенных ранее, но, несмотря на большую разницу входных параметров, функция ширины на полувысоте от позиции фольги вдоль оси пучка имеет одну и ту же тенденцию для меди и тантала, что указывает на правильность предложенной модели. Для дальнейшего развития данного предположения необходимо принять во внимание теплопроводность и рассмотреть эффект от вида функции распределения.

ВЫРАЩИВАНИЕ НАНОНИТЕЙ В КВАНТОВЫХ ВИХРЯХ В СВЕРХТЕКУЧЕМ ГЕЛИИ

Карабулин А.В.,

М И Ф И

115409, Москва, Каширское шоссе, 31

Квантовые вихри, появляющиеся при возбуждении сверхтекучего гелия, являются практически одномерными образованиями с размером сердцевинки менее 0,1 нм. Их особенность состоит в способности захватывать любые примеси, взвешенные в гелии. Поэтому плотность малых кластеров внутри сердцевинки значительно выше, чем в окружающем объеме жидкости, кроме того там они могут двигаться лишь навстречу друг другу. Таким образом, наличие квантовых вихрей в сверхтекучем гелии на несколько порядков увеличивает скорость коагуляции атомов и малых кластеров, и в результате получают длинные проволоочки – нанонити [1]. Эти нанонити, соединяясь друг с другом, могут образовывать нити видимых раз-

меров, обладающие повышенной прочностью.

Для получения таких нанонитей на базе откачного криостата OptCryo105 была разработана и собрана экспериментальная установка. Откачка паров гелия из шахты криостата позволяла получать температуру около 1,2 К, что намного ниже температуры перехода гелия в сверхтекучее состояние $T = 2,19$ К. Для ввода примесей в гелий используется электрический искровой разряд между двумя ножевидными электродами из нужного материала. Искра испаряла материал катода и одновременно создавала за счет кавитации возмущение в сверхтекучем гелии, вызывающее квантовые вихри. Целью первых экспериментов было получение никелевых нанопроволочек. Образовавшиеся проволоочки осаждались на подкладке из нержавеющей стали и после отогрева до комнатной температуры анализировались методом электронной микроскопии. В дальнейшем с целью удержания нитей в центре ячейки планируется использовать магнитную ловушку.

Описанный метод является универсальным, и с его помощью в будущем будут выращиваться нанонити и нанопроволоки заданного состава.

Литература

1. E.B. Gordon, R. Nishida, R. Nomura and Y. Okuda. Filament Formation by Impurities Embedding into Superfluid Helium, JETP Letters, 2007, Vol. 85, No. 11, pp. 581

МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВОЙНОГО СЛОЯ В ИОННОЙ ЖИДКОСТИ [BMIM][PF₆] НА ПОВЕРХНОСТИ ГРАФИТА

Кисленко С.А. Самойлов И.С. Амиров Р.Х.

ОИВТ РАН
125412, Москва, ул. Ижорская, 13/19
kislenko-s@mail.ru

Ионные жидкости (ИЖ) являются перспективными соединениями для использования в гетерогенных системах, таких как топливные элементы, солнечные элементы, суперконденсаторы. Для управления процессами, происходящими на границе фаз в таких системах, и повышения их эффективности необходимо развитие представлений о структуре ИЖ вблизи твердой поверхности.

В данной работе методом молекулярной динамики, на примере ионной жидкости гексафторфосфат 1-бутил-3-метилимидазолия [BMIM][PF₆], контактирующей с кристал-

лом графита, впервые исследовано строение дойного слоя в ИЖ при разных электрических потенциалах электрода.

Обнаружено, что вблизи незаряженной поверхности структура ионная жидкость отличается от структуры в макрообъеме и представляет собой высокоупорядоченную область, протяженностью ~ 2 нм. Наблюдаются три ярко выраженных плотных слоя толщиной 0,5 нм, сформированных за счет скопления отрицательных ионов $[PF_6]^-$ и положительно заряженных имидазольных колец. Установлено, что кольца адсорбированных катионов $[BMIM]^+$ ориентированы параллельно поверхности, а адсорбированные положительные и отрицательные ионы формируют двухмерную молекулярную гексагональную решетку.

Исследовано влияние потенциала электрода на перераспределение концентраций ионов и переориентацию имидазольных колец вблизи поверхности. Показано, что увеличение потенциала электрода приводит к уширению углового распределения адсорбированных колец и увеличению их наиболее вероятного угла наклона.

Установлено хорошее соответствие результатов моделирования с экспериментом, что подтверждает корректность выполненного молекулярно-динамического расчета.

СЛЮДЯНЫЕ КАНТИЛЕВЕРЫ ДЛЯ АСМ И СЕНСОРОВ. ПЬЕЗОРЕЗИСТИВНАЯ СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ОТКЛОНЕНИЯ

Колесов Д.В., Яминский И.В.

Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
kolesov@polly.phys.msu.ru

Атомно-силовая микроскопия является мощным инструментом исследования свойств поверхности на нанометровом уровне и широко применяется благодаря своей эффективности и наглядности. Важнейшим элементом микроскопа является кантилевер. В настоящее время активно развивается технология создания химических сенсоров на основе микрокантилеверных датчиков. Обычно кантилеверы изготавливаются из кремния либо его нитрида и представляет микроскопическую консоль, с зондом в виде острой иглы на конце. Нами было предложено использовать в качестве материала для производства кантилеверов слюду. Она обладает замечательными механическими свойствами и её легко скалывать для получения достаточно тонких образцов с атомарно-гладкой поверхностью. Кроме того, слюда легко доступна.

При работе в составе сенсора, кантилеверу нет необходимости иметь зонд. В качестве прототипов таких слюдяных кантилеверов мы использовали небольшие пластин-

ки, вырезанные из листа мусковита толщиной 18 мкм. Для проверки работоспособности были проведены эксперименты по детектированию 2-тиоэтанола ($\text{SHC}_2\text{H}_4\text{OH}$) в жидкой и газообразной фазе. В состав данного соединения входит SH-группа, поэтому в качестве аналитического слоя на слюду была напылена плёнка золота толщиной 30 нм. В растворе концентрация детектируемого вещества составила $1,5 \times 10^{-2}$ М. При работе в парах 2-тиоэтанола была зафиксирована концентрация менее 50 частиц на миллион.

Для работы в составе микроскопа слюдяная пластинка приклеивалась на чип обычного коммерческого кантилевера, а на свободный конец помещался зонд из вискера TaS_3 . Такой кантилевер уже пригоден для сканирования, и с его помощью нами было получено изображение поверхности CD-RW диска.

На основе слюдяных кантилеверов нами был реализован новый метод регистрации отклонения. Обычной для АСМ является лазерно-оптическая система. Мы в своей работе использовали пьезорезистивный эффект в тонкой золотой плёнке на поверхности слюды. Были проведены исследования этого эффекта при различной толщине металлического покрытия. По результатам исследования был создан прототип слюдяного пьезорезистивного кантилевера.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИННОЙ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ВДОЛЬ ТРЕКА ЯДРА В СЕАНСЕ АДРОННОЙ ТЕРАПИИ

Комов М.Н., Русских Г.А., Юдин И.П.

Государственный университет “Природы, общества и человека “Дубна”.
141980, г.Дубна, М.о., ул.Университетская, 19, кафедра биофизики
E-mail: luzefer@mail.ru

В докладе представлены результаты обработки данных по измерению глубинного распределения поглощенной дозы облучения вдоль трека ядра, которые предполагаются использовать в сеансе адронной терапии онкологических больных. Дается анализ существующих данных по кривым Брэгга в подобных экспериментах в водном фантоме при энергиях 150-400 МэВ/нуклон для ядер. Предлагается модернизировать экспериментальную установку путем введения в водный раствор дополнительных составляющих, имитирующих различные ткани организма пациента. введения в водный раствор дополнительных составляющих, имитирующих различные ткани организма пациента.

Приводятся рассчитанные кривые Брэгга для этих случаев. Расчеты проведены с помощью авторской программы, реализованной на языке C++. Результаты данной работы предполагается использовать в дальнейших исследованиях по теме, включенной в

темплан ОИЯИ (Дубна).

МАГНИТНЫЙ МОМЕНТ ДЕЙТРОНА В ФОРМАЛИЗМЕ БЕТЕ-СОЛПИТЕРА

Кононенко А.Г., Буров В.В.

Московский Государственный университет им. В.М. Ломоносова
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, физический факультет
E-mail: <konange@theor.jinr.ru>
Объединенный институт ядерных исследований
141980, г. Дубна, М.о., ул. Жолио-Кюри, 6
E-mail: <burov@theor.jinr.ru>

В рамках релятивистского, ковариантного подхода Бете-Солпитера с сепарабельным взаимодействием найден магнитный момент дейтрона и проведено его сравнение с нерелятивистскими вычислениями. В расчетах учитывалась примесь D – волны в нормировку, которая играла роль параметра модели. В качестве взаимодействия использовалось ковариантное ядро взаимодействия Graz II. Дана интерпретация полученных данных. Результаты работы предполагается использовать в дальнейших исследованиях по теме, включенной в темплан ОИЯИ (Дубна).

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОДНОРОДНЫХ СРЕД МЕТОДОМ БЛИЖНЕПОЛЬНОГО СВЧ ЗОНДИРОВАНИЯ

Кострова М.А. Янин Д.В.

Нижегородский госуниверситет
603022 г. Н.Новгород, пр. Гагарина, д. 23
Институт прикладной физики РАН
603950 г. Н.Новгород, ул. Ульянова, д.46
kostrova-margari@mail.ru, dyanin@appl.sci-nnov.ru

В работе изучаются возможности метода ближнепольного СВЧ зондирования применительно к исследованию сред с неоднородными электродинамическими характеристиками (слоистые диэлектрические материалы, биологические ткани).

Суть метода можно пояснить следующим образом: область среды, находящаяся в ближнем поле зондирующей электрически малой антенны, оказывает влияние на ее импеданс. Если антенна включена в качестве нагрузки в резонансную систему, то по смещению резонансной частоты и изменению добротности, можно судить об электромагнитных параметрах среды вблизи антенны. Глубина зондирования и пространственное разрешение определяются конструкцией и размерами электрически малой антенны.

Развита теория измерений. Разработана схема решения обратной задачи, по-

зволяющая восстановить глубинный профиль комплексной диэлектрической проницаемости исследуемой среды, определять геометрические и электродинамические параметры неоднородностей.

Проведены модельные эксперименты по исследованию сред с прямоугольными неоднородностями, расположенными на разных глубинах от поверхности. Сделана оценка чувствительности метода в зависимости от комплексной диэлектрической проницаемости неоднородности.

Совместно с Нижегородским Научно-исследовательским кожно-венерологическим институтом проведены экспериментальные исследования структуры кожи дерматологических больных. Показана возможность обнаружения локализованных очагов поражений кожи при различных дерматозах и проведения контроля ремиссии (заживления) заболеваний.

О ВЛИЯНИИ МАТЕРИИ НА СТРУКТУРУ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ФОНА

Косткин Р.С.

Московский педагогический государственный университет
119991, ГСП-2, г. Москва, ул. Малая Пироговская, д.1

В работах [1,2] было показано, что один и тот же вид материи, а именно материи с внутренними степенями свободы, на геометрических фонах пространств Римана–Картана и Вейля–Картана порождает различные уравнения гравитационного поля. Данный факт опровергает принятое в ОТО утверждение, что свойства материи полностью определяют геометрию пространства-времени. Следовательно, априорный выбор геометрического фона должен основываться на дополнительных соображениях.

Данное утверждение основывается на выводе и анализе уравнений поля, полученных для разных геометрических фонов. Справедливость полученных вариационных уравнений основана на выполнении определенного типа дифференциальных тождеств, имеющих достаточно сложную структуру. Для проверки этих тождеств используется компьютерная система символьных тензорных вычислений в дифференциальной геометрии, разработанная автором.

Литература

1. *Бабурова О.В., Косткин Р.С.* Материя с дилатационным зарядом в пространстве Римана–Картана // Известия Высших учебных заведений. Физика, 2009 (принята в печать).
2. *Косткин Р.С.* Свойства материи и структура пространства-времени // В сб.; «Интеграция

образования и науки», 2008, М.: МПГУ (принята в печать).

СИНХРОНИЗАЦИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ МОД В ЛАЗЕРАХ С ПРОДОЛЬНОЙ ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ В УСЛОВИЯХ АСТИГМАТИЗМА РЕЗОНАТОРА

Кострюков П.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы
kostryukov@gmail.com

Использование продольной диодной накачки позволяет достигать высокой эффективности, в том числе за счет формирования неоднородного профиля усиления. В ряде работ для лазеров с неоднородной продольной накачкой и резонаторами небольшой (до 25 см) длины для некоторых конфигураций резонатора наблюдались распределения интенсивности со сложной кольцевой структурой. Возникновение т.н. критических конфигураций, обеспечивающих формирование сложных полей, связывают с частотным вырождением мод пустого резонатора, которое реализуется, если g -параметры резонатора удовлетворяют условию

$$\frac{\arccos \pm \sqrt{g_1 g_2}}{\pi} = \frac{r}{s},$$

где r/s – несократимая дробь, характеризующая вырождение. Основная мода в случае возникающего здесь эффекта синхронизации поперечных мод представляет собой суперпозицию сфазированных мод пустого резонатора с определенными значениями поперечных индексов.

В большинстве твердотельных пикосекундных лазеров используются резонаторы больших длин (порядка 1 м). В данной работе экспериментально и численно изучена синхронизация поперечных мод в Nd:YAG-лазере с метровым резонатором. Обнаружено качественно иное поведение пространственной структуры излучения в окрестности вырожденных конфигураций по сравнению с аксиально-симметричным случаем, реализующимся для резонаторов малых длин. В окрестности каждой проявляющейся вырожденной конфигурации четко выделяются две длины резонатора L_x и L_y , для которых распределения интенсивности расширяются в двух соответствующих поперечных направлениях. Эти направления перпендикулярны друг другу и поворачиваются при вращении активной среды относительно оси резонатора. Предложена интерпретация наблюдаемого эффекта, основанная на проявлении слабого лазерного кристалла. Установлено, что для длин L_x и L_y реализуются суперпозиции

эрмит-гауссовых мод пустого резонатора с нулевым первым и вторым поперечными индексами соответственно. Обнаруженный эффект позволяет без привлечения моделирования экспериментально определить оптические силы активной среды.

ДИСПЕРСИЯ ГРУППОВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ПРИ ВРМБ В ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДАХ С НАБОРОМ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ ЗВУКА

Котова Н.Е., Ковалёв В.И.

Физический институт им. П.Н. Лебедева
Москва, 119991, Ленинский проспект, 53
nadezda_est@list.ru

Возрастающая роль оптических линий передачи информации стимулирует поиск новых принципов, методов и устройств управления оптическими сигналами. В частности, используя эффект «медленного света», можно создавать, например, такие устройства, как оптически управляемые линии задержки, оптические накопители, эквалайзеры и т.п. Термин «медленный свет» является эквивалентом групповой задержки при распространении оптических импульсов в среде с нормальной дисперсией показателя преломления. Значительно уменьшить скорость распространения оптического импульса можно при совпадении его несущей частоты с частотой нелинейного (инвертированного) оптического резонанса в среде: чем острее резонанс, тем сильнее изменяется показатель преломления $n(\omega)$, тем больше групповой показатель преломления, $n_g(\omega) = n(\omega) + \omega dn(\omega)/d\omega$, и тем сильнее замедляется импульс.

В настоящее время наиболее активно исследуемым в этой связи нелинейным эффектом является вынужденное рассеяние Мандельштама Бриллюэна (ВРМБ) в оптическом волокне. Преимуществами устройств на основе ВРМБ являются: а) полная совместимость с современными каналами оптической связи, б) работа при комнатной температуре при небольших мощностях, в) возможность работать на любой длине волны. Существенным недостатком этого эффекта в плане использования его для систем связи является узкая ширина рабочей полосы частот: 30–50 МГц (в стандартном оптическом волокне). Такая ширина будет ограничивать скорость передачи данных десятками Мб/с, тогда как необходимы скорости на уровне десятков Гб/с.

В работе теоретически исследован вклад волноводного уширения спектра ВРМБ в формирование рабочей полосы частот устройств на основе этого эффекта. Впервые получена формула для частотной зависимости группового показателя преломления при наличии в среде набора резонансных звуковых частот, возникающих вследствие вол-

новодного уширения спектра ВРМБ. Она имеет вид свертки однородно уширенной линии усиления ВРМБ со спектром волноводного уширения, определяемого числовой апертурой, NA , волокна. Вычисления показали, что при использовании микроструктурированных световодов с $NA \sim 1$ возможно создание соответствующих устройств с рабочей полосой частот до $\sim (10-15)$ ГГц.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ МЕМБРАНЫ КЛЕТКИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ С ЛАЗЕРНЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ НАНОКЛАСТЕРА Au, ПОМЕЩЕННОГО В ОНКОЛОГИЧЕСКУЮ ТКАНЬ

Крючкова Д.М., Конжур Е.А., Юдин И.П.

Государственный университет "Природы, общества и человека "Дубна"
141980, г.Дубна, М.о., ул. Университетская, 19, кафедра биофизики
E-mail: Din-Din-86@mail.ru

Представляются результаты определения собственных частот мембраны клетки в эксперименте с лазерным облучением золотого нанокластера, помещенного в онкологическую ткань. Построена биофизическая модель изучаемого объекта. Дана математическая постановка и построены соответствующие уравнения. Получены решения – собственные значения и собственные функции построенных уравнений. С помощью написанной на языке C программы полученные решения представляются в виде графиков. Результаты данной работы предполагается использовать в дальнейших исследованиях по теме, включенной в темплан ОИЯИ (Дубна).

КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ ГРАФИТА ЖИДКИМ УГЛЕРОДОМ

Лысенко И.Ю., Собина О.А., А.Ю. Башарин, Турчанинов М.А.

ОИВТ РАН
125413 Москва, ул. Ижорская, д.13, стр. 2
iul87@mail.ru

Известно, что смачивание определяет межфазное взаимодействие и связанные с ним процессы, такие как кристаллизация расплава. Данные по краевому углу смачивания и жидким углеродом графита в научной литературе отсутствуют. Настоящая работа посвящена определению и методом «сидящей капли», основанном на определении и по форме жидкой капли, лежащей на твердой подложке, из следующего соотношения: $\text{tg}(\theta/2)=h/r$, где h и r – высота и радиус основания капли соответственно.

Поскольку исследовать жидкую каплю не представляется возможным, использовались данные о форме затвердевших каплей диаметром 15х50 нм, лежащих на атомно-гладкой грани (001) графита, и вносились соответствующие поправки. Профиль затвердевших каплей определялся с помощью атомно-силового микроскопа Veeco diMultimode V с использованием кантилеверов типа FESP с радиусом закругления 10 нм. Анализ полученного массива изображений поверхности каплей показал, что их форма близка к сферической. Это позволяло, аппроксимировав профиль каплей уравнением окружности, определить краевой угол θ_s затвердевшей капли методом «сидящей капли».

Первая поправка учитывает конечный радиус закругления кантилевера, который дает завышенное значение радиуса основания капли по сравнению с действительным значением r_d . При подстановке r_d в приведенное соотношение получено значение $\theta_T = (23 \pm 4)^\circ$.

Вторая поправка учитывает усадку капли при затвердевании. Поправка рассчитывалась в предположении, что поверхность жидкой капли является сферической, при этом радиус ее основания r и масса m остаются неизменными. В таком приближении поправка зависит только от отношения плотностей жидкой $\rho_{ж}$ затвердевшей ρ_T капли. Плотность графита $\rho_T = 2.25 \text{ г/см}^3$, а жидкого углерода, согласно (Савватимский А.И., 2008), $\rho_{ж} = 1.2 \text{ г/см}^3$. С учетом поправки $\theta = (43 \pm 7)^\circ$. Полученные данные свидетельствуют о слабой лиофильности плотноупакованной грани графита по отношению к собственному расплаву.

ТЕОРИЯ СИГНАЛОВ ЯМР ГУСТОСШИТЫХ ПОЛИМЕРОВ

Маникин П.С.¹, Кулагина Т.П.²

¹ Российский университет дружбы народов (117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6
apashiy@mail.ru

² Институт Проблем Химической Физики РАН
142432, Московская обл., г. Черноголовка, просп. акад. Семенова, 1

Предложена теория спектров ЯМР густосшитых полимеров на основе теории для редкосшитых полимеров с учетом межцепных диполь-дипольных взаимодействий (ДДВ) в широкой температурной области. Рассматривается модель, в которой полимерная сетка состоит из закрепленных между узлами гибкоцепных гауссовых цепей. Для учета межцепного диполь-дипольного взаимодействия использовалась статистическая теория для магнито-разведенных систем. Сигналы ЯМР - спады свободной индукции (ССИ) и форма линии, рассчитанные в рамках теории, соответствуют наблюдаемым экспериментально. Показано, что время спин-спиновой

релаксации T_2 линейно зависит от густоты шшивок в высокотемпературной области, а при понижении температуры наблюдается нелинейная зависимость. В работе из ССИ была численно получена корреляционная функция, характеризующая скорость изменения ДДВ и молекулярные движения при различной густоте шшивок. Расчеты показали, что в некоторой области корреляционная функция отрицательна, с увеличением густоты шшивок амплитуда минимума увеличивается. Спектры ЯМР были получены из ССИ путем косинус-преобразования Фурье. Было обнаружено, что высота пика в высокотемпературной области линейно зависит от средней длины цепи. В случае редкосшитых полимеров вид спектра изменяется, появляется узкий нелоренцевский пик, который наблюдается экспериментально, но ранее не был теоретически обоснован. При увеличении густоты шшивок, наблюдается отклонение от линейной зависимости, что связано с проявлением сильных межцепных взаимодействий.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛЛИНЕАРНЫХ АКУСТООПТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ С УЧЕТОМ СТРУКТУРЫ ПАДАЮЩЕГО СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Манцевич С.Н., Балакший В.И.

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова
119991 Россия, Москва, Воробьевы Горы д.1, физический факультет
snmantsevich@yahoo.com

Взаимодействие оптических пучков с дифракционными решетками, полученными посредством возбуждения в кристаллах, жидкостях и газах акустических волн, широко используется в решении разнообразных задач управления оптическим излучением и разработкой различных систем оптической обработки информации. В ряде акустооптических (АО) приборов используется так называемая коллинеарная геометрия АО взаимодействия. Это в первую очередь перестраиваемые фильтры, предназначенные для выделения из светового пучка с широким спектром отдельных спектральных составляющих. При коллинеарном взаимодействии волновые вектора ультразвука, а также падающего и дифрагированного световых пучков коллинеарны друг другу. Преимуществом такой геометрии АО взаимодействия, по сравнению с неколлинеарной, является возможность обеспечить большую длину взаимодействия между световой и акустической волнами. Это, с одной стороны, позволяет снизить управляющую мощность, а с другой, – получить рекордные значения спектрального разрешения. Работа посвящена теоретическому изучению особенностей кол-

линейного акустооптического взаимодействия, возникающих при дифракции расходящегося оптического пучка на фазовой дифракционной решетке в оптически анизотропной среде.

Поскольку коллинеарная акустооптическая дифракция обычно используется в системах спектральной фильтрации света, то акцент в работе сделан на изучении таких характеристик коллинеарных акустооптических фильтров, как полоса пропускания и интегральная эффективность дифракции. Расчет выполнен для двух широко используемых в акустооптике материалов: молибдата кальция (CaMoO_4) и парателлуриата (TeO_2). Эти материалы показывают кардинально различные дифракционные характеристики, что обусловлено индивидуальными особенностями их оптической и акустооптической анизотропии.

Исследована зависимость интегральной эффективности дифракции и полосы пропускания фильтра от угла расходимости падающего на АО ячейку светового пучка. Показано, что с увеличением расходимости эти характеристики фильтра ухудшаются по одинаковому закону, так что произведение относительной полосы пропускания на эффективность дифракции остается постоянным и не зависящим от длины волны света и длины АО взаимодействия. Максимум пропускания фильтра определяется частотой ультразвука и не зависит от расходимости света

Влияние анизотропии АО эффекта на характеристики дифрагированного спектра изучено на примере коллинеарного АО фильтра, сделанного на основе кристалла парателлуриата. Показано, что анизотропия АО эффекта вблизи направления $[110]$ кристалла парателлуриата существенно сказывается на форме передаточных функций и, следовательно, на структуре дифрагированного пучка. Установлено, что зависимости интегральной эффективности дифракции от акустической мощности для парателлуриата имеет совершенно другой характер, чем для молибдата кальция, и не превышает 60 %.

АТОМНО-СИЛОВОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЙ МИКРОСКОП

Меньшиков Е.А., Яминский И.В.

Физический факультет Московского государственного университета
им. М.В. Ломоносова

В атомно-силовых микроскопах для контроля положения зонда относительно поверхности исследуемого образца в основном используются системы видеонаблюдения, состоящие из оптического микроскопа и камеры, передающей изображение на компьютер. Для решений ряда нанотехнологических задач условие высокоточного позиционирования зонда имеет первостепенное значение. Однако, используемые системы ви-

деонаблюдения в случае прозрачных образцов не дают информацию о макрорельефе поверхности, точное наведение (позиционирование) зонда в необходимую топологическую область образца (вершину, впадину или участок образца с заданным углом наклона) становится невозможным.

Цель данной работы – разработка прибора, решающего данную проблему – атомно-силового интерференционного микроскопа (АСИМ). Для осуществления возможности высокоточного позиционирования в системе видеонаблюдения вместо оптического микроскопа используется интерференционный микроскоп. В разработанном микроскопе реализовано совмещение принципов атомно-силовой и интерференционной микроскопии таким образом, что интерференционная и атомно-силовая части микроскопа могут работать как независимо друг от друга, так и совместно АСИМ позволяет:

- при подготовке к работе быстро и с высокой точностью наводить зонд на интересующие области исследуемой поверхности
- одновременно наблюдать исследуемые поверхности на различных пространственных и временных масштабах
- проводить калибровку сканера микроскопа без использования дополнительного калибровочного эталона
- производить дополнительный контроль за изгибом кантилевера в процессе работы.

Атомно-силовой интерференционный микроскоп предназначен для исследовательской работы в различных областях науки и техники: нанотехнологии, биология, кристаллография, материаловедение, метрология. В частности, микроскоп можно использовать для:

- контроля устройств микроэлектроники (транзисторы, чипы, микросхемы и т.д.)
- решения ряда задач материаловедения (соотношение рельефа материала на микро и наноуровне, выявление корреляции структура-свойства и т.д.)
- исследования биологических клеток и бактерий
- исследования поверхности и процессов роста кристаллов
- исследования и контроля процессов, происходящих на поверхности пленочных биосенсоров
- исследования прозрачных пленок и нанообъектов
- исследования поверхностных процессов (комплексообразование, изменение шероховатости, процессов самоорганизации и т.д.)

На основании разработки поданы две заявки на патент.

ПРОЕКТ ПИКОСЕКУНДНОГО КОММУТАТОРА НА ОСНОВЕ

ЭФФЕКТА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРИГРАНИЧНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СЛОЯ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МИШЕНИ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ

Неганов И.И.

МГТУ им. Баумана
ineganov@gmail.com

В работе [1] сделан обзор современных пикосекундных коммутаторов. Большинство из них основаны на электрическом пробое газа. Основными параметрами таких коммутаторов являются: время перехода из непроводящего состояния в проводящее, а также - импульсная мощность. Типичные параметры коммутаторов из обзора [1]:

Время коммутации $\sim 10^{-10} - 10^{-11}$ секунд;

Мощность $\sim 10^8$ Ватт;

В нашей работе предлагается принципиально иной физический механизм работы коммутатора на основе эффекта возникновения приграничного электронного слоя при облучении металлической мишени пикосекундными лазерными импульсами[2].

В представленной работе рассматривается физическая модель такого коммутатора и возможные варианты его технического исполнения. В этой модели теоретически возможно получить время коммутации порядка $10^{-14} - 10^{-15}$ секунд, при этом импульсная мощность останется величиной того же порядка, что и в [1].

Рассматривается также вопрос о спектральной мощности излучения данного устройства и возможности его применения в качестве излучателя в диапазоне 1 ТГц, достаточно актуального в техническом плане, но трудно осуществимого с помощью имеющихся средств.

Литература

1. Месяц Г.А., Яландин М.И. Пикосекундная электроника больших мощностей. УФН Том 175, № 3.
2. Яковлев М.А., Федоров М.В. Влияние приповерхностного электронного слоя на энергетический спектр фотоэлектронов. ЖЭТФ 2002 ,Т. 122, № 10 С. 814-819.

ИМПУЛЬСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА УДАРНУЮ ВОЛНУ ПРИ САМОЛОКАЛИЗАЦИИ СИЛЬНОТОЧНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО РАЗРЯДА

Орлов Л.М.

МГУ, физический ф-т
znamen@phys.msu.ru

Показано, что при наносекундном воздействии сильноточного поперечного распределенного разряда (плазменного листа) на ударную волну, используя эффект самолокализации, можно достичь высокой эффективности воздействия на течение. ($0,06 \text{ Дж/см}^2$ или 1 Дж/см^3 .) Эксперименты проводились на ударной трубе $24 \times 48 \text{ мм}$, с разрядной камерой такого же внутреннего сечения. Числа Маха ударной волны $M=2-5$. В канале с ударной волной реализован импульсный поперечный поверхностный разряд - квазинепрерывная система параллельных каналов, скользящих по диэлектрику (плазменный лист). Напряжение – 24 кВ, ток – до 1000 А. Длительность протекания тока разряда и время свечения плазмы в диапазоне $380-700 \text{ нм}$ – 200 нс, т.е. разряд является мгновенным энерговыделением с точки зрения газодинамических временных масштабов. Исследованный разряд самолокализуется на поверхностях стенок канала, в областях, ограниченных фронтом ударной волны и концами областей электродов. Для визуализации газодинамических процессов в разрядной камере создана теневая схема с управляемой задержкой от момента разряда t . Теневые снимки демонстрируют эволюцию сложного симметричного разрывного течения, возникающего после воздействия импульсного локализованного энерговыклада на плоскую ударную волну. Сравнения теневых изображений газодинамического потока с расчетными позволило установить, какая доля всей запасенной в электрической схеме энергии выделяется в тепло в газ на стадии протекания тока разряда. Сравнивались одинаковые стадии по форме и положению разрывов: расстояния между участками волн идущих вверх и вниз по потоку; положения тангенциальных разрывов и вихрей. Мгновенный нагрев газа является основной характеристикой, определяющей степень воздействия разряда на газодинамические процессы. Реальное воздействие разряда на ударную волну – сложный физический процесс, включающий, кроме газодинамических явлений, процессы, связанные с релаксацией возбужденных состояний молекул, электронным возбуждением, взаимодействием плазмы с поверхностью, неоднородностью зоны разряда и т.д. Обнаружена неустойчивость тангенциального разрыва в квазидвумерном потоке после импульсного приповерхностного энерговыделения. Оценена доля энергии разряда, мгновенно вводимая в среду: $K=30 \pm 5\%$. Установлено значение предельной плотности энергии - $2-8 \text{ эВ}$ на частицу при $P=75-25 \text{ Торр}$.

О ВОЗМОЖНОСТИ КОМПРЕССИИ ПРЕДЕЛЬНО КОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ С ФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Пасека О. И., Сухоруков А. П.,

физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова
119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, кафедра фотоники и физики
микроволн
olgapaseka@gmail.com, apmsu@gmail.com

Построена теория компрессии коротких оптических импульсов с квадратичной фазовой модуляцией в диспергирующей среде. Сообщаются результаты численного моделирования уравнения для напряженности электрического поля световой волны. Найдены условия, при которых импульс сжимается до одного периода осцилляций. Проведены оценки оптимального индекса фазовой модуляции для достижения максимальной компрессии импульса.

Предельно короткие оптические импульсы (ПКИ), содержащие несколько колебаний электромагнитного поля, находят все более широкое применение в нелинейной оптике, спектроскопии и диагностике сверхбыстрых процессов, в лазерной физике при изучении взаимодействия света с веществом, в телекоммуникационных системах и других областях. Для получения ПКИ используются различные методы компрессии импульсов с фазовой модуляцией (ФМ) в средах с частотной дисперсией (волокнах, решетках и др.). В нелинейных средах для сжатия импульса используется эффект самокомпрессии. В последнее время выполнены работы по сжатию импульсов, обладающих спектральным суперконтинуумом. Сильная компрессия достигнута при параметрическом усилении импульсов с чирпом частоты. Теория компрессии пикосекундных импульсов развивалась с помощью метода медленно меняющихся амплитуд (ММА) во втором приближении теории дисперсии. Однако для предельно коротких фемтосекундных импульсов такой метод становится не применимым, так как спектральная ширина импульсов из небольшого числа осцилляций поля сравнима с шириной спектра. Поэтому для описания распространения ПКИ используют или метод ММА с учетом дисперсии более высоких порядков (третьего, четвертого и т.д.), или метод медленно меняющегося профиля (ММП) электрического поля импульса.

Нами развита теория компрессии импульса из малого числа осцилляций с квадратичной фазовой модуляцией в рамках метода медленно меняющегося профиля поля. Численно решено уравнение для электрического поля оптического импульса при варьировании индекса ФМ, числа осцилляций и длительности входного импульса. Найдена оптимальная величина индекса модуляции, при которой возможно сжатие импульса в диспергирующей среде. Найдены условия, при которых импульс с четным профилем сжимается до одного периода осцилляций, а с нечетным – до полупериода. Дальнейшему сжатию препятствуют хроматические aberrации, обусловленные дисперсией третьего порядка. При превышении оптимальной величины длительность в точке комп-

рессии увеличивается.

МЕХАНИЗМ ЭРОЗИИ КАТОДА В ОТРИЦАТЕЛЬНОМ КОРОННОМ РАЗРЯДЕ

Петров А.А., Амиров Р.Х., Самойлов И.С.

ОИВТ РАН, 125412, Москва, ул. Ижорская 13, к. 1. отдел 3.3 плазмы lioha84@mail.ru

Эрозия катода в отрицательном коронном разряде была впервые обнаружена в 1940 году. В настоящее время не существует общепринятого мнения о механизме эрозии катода в отрицательной короне. Целью данной работы является исследование возможности реализации электровзрывного (эктонного) механизма эрозии катода в отрицательном коронном разряде.

Отрицательный коронный разряд исследуется в воздухе при атмосферном давлении в электродной конфигурации острие-плоскость в режиме импульсов Тричела, а также в безимпульсном режиме. В качестве катодов используются медные, вольфрамовые, алюминиевые и графитовые острия диаметром 20-500 мкм. Проводится осциллографирование разрядного тока при помощи осциллографа Tektronix Dpo-7054 с полосой пропускания 500 МГц. Измеряется средний ток разряда, а также ведется фронтальное и боковое видеонаблюдение катодного острия с применением телемикроскопа с пространственным разрешением 3 мкм. После разряда катоды исследуются при помощи растрового электронного микроскопа FEI Quanta 200.

На поверхности катодов после обработки в импульсном режиме разряда обнаружены кратеры диаметром 40–100 нм. Предполагается, что каждый кратер является результатом элементарного эрозионного акта, вызванного импульсом Тричела. Величина плотности тока на катодной поверхности оценивается как отношение амплитуды импульса к площади элементарного кратера и достигает $5 \cdot 10^8$ А/см². Согласно оценкам, ток такой плотности вызывает электровзрыв участка катодной поверхности за время порядка 1 нс вследствие Джоулева разогрева. Размер элементарного эрозионного фрагмента, найденный как отношение полной величины эрозии катода за время эксперимента к количеству импульсов Тричела совпадает с размером наблюдаемых кратеров.

Также обнаружено струйное истечение продуктов эрозии из области локализации катодного пятна, образование нанокристаллов на катодной поверхности вследствие рециклинга. Обнаружено различие характера эрозии катода в импульсном и безимпульсном режимах разряда. Обнаружена корреляция между динамикой катодного пятна, параметрами импульсов Тричела и свойствами катодной поверхности.

МЕРИДИОНАЛЬНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ В СОЛНЕЧНОМ ДИНАМО

Попова Е.П.

МГУ им. М.В. Ломоносова
Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2
popovaelp@mail.ru

Солнечная активность влияет на процессы, происходящие на Земле. Солнечным ритмам и пятнообразовательной деятельности подвержены изменения не только электромагнитного поля Земли (что влияет на технические устройства), но изменения в биосфере Земли. Построение моделей, описывающих механизм солнечной активности, позволяет лучше понять процессы, происходящие на Солнце и делать прогнозы, относительно космической погоды.

Циклы магнитной активности Солнца принято связывать с действием механизма солнечного динамо, который основан на совместном действии дифференциального вращения и альфа-эффекта. Применение таких представлений позволяет получить осциллирующее решение в виде волны тороидального поля, распространяющегося от средних широт к экватору. Прямолинейное использование такой схемы дает длительность цикла на порядок меньше, чем реально наблюдаемый. Предложенный подход, позволяющий устранить эти трудности, заключается в учете меридиональной циркуляции. Было проведено аналитическое исследование модели с включением меридиональной циркуляции [1,2], рассматривались различные ее виды. Эти исследования дополнены численными расчетами. С помощью введения эффекта меридиональной циркуляции оказалось возможным существенно изменить длину цикла, в частности удлинить ее и даже получить стационарные решения, причем гладкость решения существенно зависит от вида скорости движения вещества. Пространственное (широтное) расположение решения также заметно меняется. Так как наблюдательные сведения о виде меридиональной циркуляции достаточно не определены, то данные исследования вполне могут быть полезными для теоретических предсказаний вида меридиональной циркуляции в рамках модели динамо.

С математической точки зрения получены важные свойства перехода между различными асимптотическими режимами. Этот результат представляет собой новизну и для развития математических методов. Полученное решение дополняет уже известные асимптотики и расширяет класс решений на более общий случай. Разработанный метод построения решения может быть интересен и в других разделах теории динамо (например, галактическом динамо и геодинамо), где тоже приходится учитывать влияние адвективных потоков, не сводящихся к дифференциальному вращению.

Другое значение результатов работы состоит в следующем. В последнее время нескольким научным группам удалось начать мониторинг по наблюдению магнитной спиральности в активных областях Солнца, в связи с этим стала актуальной задача предсказания на основе теории динамо поведения магнитной спиральности на протяжении солнечного цикла. На основании результатов работы были даны прогнозы об эволюции магнитной и токовой спиральности, а также построены соответствующие баттерфляй-диаграммы. В докладе обсуждаются, какие черты баттерфляй-диаграмм можно сравнивать с наблюдательными данными.

Литература

1. Попова Е.П., Решетняк М.Ю., Соколов Д.Д.. Меридиональная циркуляция и распространение динамо-волн // А. Ж. - 2008. - №1. – С. 183-190.
2. Popova H., Sokoloff D. Meridional circulation and dynamo waves // Astron. Nachr. – 2008. - №7 – P. 766–768.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИЗБЫТОЧНОЙ ЭНЕРГИИ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ АЛЮМИНИЯ

Пырлин С.В., Еркович О.С.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
кафедра «Физика»
105005, ул. 2-я Бауманская д. 5
pyrlinsv@mail.ru

В представленной работе рассматриваются подходы к теоретическому определению энергии частиц металлов в диапазоне размеров от 10 до 100 нм. Как показывают экспериментальные исследования, такие частицы обладают «избыточной энергией» по сравнению с тем же количеством вещества в объеме макроскопических тел того же состава, что делает нанодисперсные порошки металлов и сплавов, в частности алюминия и его сплавов с бором, перспективными компонентами топливных смесей.

Теоретическое исследование подобных нанообъектов осложняется тем, что число атомов в них ($\sim 10^5$ - 10^6) слишком мало, чтобы были применимы термодинамические соотношения, с другой стороны, применение получивших широкое распространение методов компьютерного моделирования атомных систем становится чересчур трудоемким во всем интересующем диапазоне размеров.

Для решения данной проблемы предлагается использовать для описания электронного вклада в избыточную энергию метод функционала электронной плотности. Для исследования атомной структуры наночастиц металлов применялся

метод молекулярной динамики с использованием метода «погруженного» атома для определения сил межатомных взаимодействий.

Для простейшего случая сферической частицы с использованием моделей «желе» и бесструктурного псевдопотенциала для ионного остова вклад релаксации электронного газа в приповерхностной области является аналогом поверхностной энергии объемного образца металла, связанной с электронной плотностью в объемном образце n_0 , радиусом частицы R соотношением:

$$\sigma(R) = \pi n_0^2 \left(\frac{R}{a} \right)^3 - \left(0,2387 \cdot CT \cdot n_0^{\frac{5}{3}} + 0,1723 \cdot CX \cdot n_0^{\frac{4}{3}} + 0,1047 \cdot CC \cdot n_0^{\frac{7}{6}} \right) \left(\frac{R}{a} \right) + 0,693 \lambda n_0 \left(\frac{a}{R} \right)$$

где a – вариационный параметр, значение которого для данного радиуса определяется из условия минимума поверхностной энергии, CT , CX , CC и λ – константы. Расчеты показывают увеличение $\sigma(R)$ с уменьшением R . Полученное решение упрощенной вариационной задачи может быть уточнено численно для произвольного профиля плотности положительного заряда ионного остова.

Моделирование атомной структуры металлических наночастиц диаметром от 2 до 12 нм подтверждает предположение о приближении формы частиц к сферической при увеличении размера. Также обнаруживается преимущественное образование на поверхности наночастиц фасеток, структура которых соответствует структуре плоскости (111), обладающей наименьшей поверхностной энергией. Это позволяет при исследовании более крупных наночастиц ограничиваться моделированием лишь фрагмента поверхности для определения размеров фасеток и структуры границ между ними, что значительно сокращает необходимый объем вычислений.

САМОВОЗДЕЙСТВИЕ СВЕТА В НЕЛИНЕЙНЫХ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛАХ И МИКРОРЕЗОНАТОРАХ

Раздольский И.Э., Мурзина Т.В., Акципетров О.А., Иноуэ М.

физический факультет МГУ (119991 Москва, Воробьевы горы, 1;

jesper@shg.ru

Toyohashi University, Japan

Фотонные кристаллы (ФК) и микрорезонаторы (МР) являются объектом интенсивных исследований благодаря своим оптическим свойствам, заключающимся в наличии фотонной запрещенной зоны и микрорезонаторной моды. В настоящей работе исследуется усиление светового самовоздействия в ФК и МР.

Исследуемый образец ФК, изготовленный методом магнетронного напыления, состоял из 5.5 пар чередующихся слоев Bi:YIG и SiO_2 с толщинами, соответственно,

96 и 149 нм. Центр фотонной запрещенной зоны (ФЗЗ) ФК приходился на длину волны около 870 нм. МР, изготовленный аналогичным образом, состоял из слоя Vi:YIG толщиной 230 нм, расположенного между 5 парами слоев SiO_2 и Ta_2O_5 . Положение МР моды при нормальном падении соответствовало длине волны 1080 нм.

В эксперименте использовалось излучение лазера на $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ с длиной волны 1064 нм, возбуждавшее МР моды при угле падения около 23° , а в спектре ФК, согласно формуле $\text{л}(\text{и}) = \text{л}(0)(1 - (\sin \text{и}/\text{n})^2)^{1/2}$, где и – угол падения излучения, а n – эффективный показатель преломления, сканировался правый край ФЗЗ. Самовоздействие излучения изучалось с помощью метода апертурного z-сканирования.

Расчет распределения поля с помощью метода матриц распространения показывает, что при возбуждении МР моды свет локализуется в МР слое, что приводит к возрастанию оптического поля. В исследуемом образце МР была обнаружена значительная самодефокусировка излучения в окрестности МР моды; нелинейная добавка к показателю преломления n_2 составила $-5 \cdot 10^{-9} \text{ см}^2/\text{Вт}$.

В ФК в области разных краев ФЗЗ оптическое поле локализуется в слоях разного типа, что подтверждается расчетами. В исследуемом образце ФК на длинноволновом краю ФЗЗ, где поле локализовано в слоях Vi:YIG с высокой нелинейностью, наблюдалась самодефокусировка излучения, соответствующая величине n_2 до $-3 \cdot 10^{-8} \text{ см}^2/\text{Вт}$, а коэффициент двухфотонного поглощения составил до $10^4 \text{ см}^2/\text{ГВт}$, что на 1-2 порядка превосходят типичные величины для Vi -содержащих оксидных пленок. С ростом угла падения локализация поля в слоях ФК определенного типа из-за оптического аналога эффекта Боррманна ухудшается, и эффективная добавка к коэффициентам преломления и поглощения уменьшается. Указанная тенденция была обнаружена экспериментально.

ОДНОЗНАЧНОСТЬ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ МНОЖЕСТВАМИ ГАМИЛЬТОНИАНОВ, ПОРОЖДАЕМЫХ ИМИ ФУНКЦИЙ И МНОЖЕСТВОМ ЭНЕРГИЙ ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ

Руцкая А.М.

МГТУ им. Н.Э. Баумана
anna8502@mail.ru

В последнее время особое значение приобретает вопрос о выяснении вопроса

о единственности основного состояния системы (т.е. о наличии вырождения) [1]. В данной работе исследованы однозначности связей между множеством N -частичных гамильтонианов H_N , множеством волновых функций основного состояния этих гамильтонианов Ψ_N , множеством функций плотности N_m и множеством энергий основного состояния E_{gs} .

Очевидно, что отображение множества гамильтонианов на множество энергий основного состояния является однозначным. Однако отсюда вовсе не следует тот факт, что два различных гамильтониана не могут привести нас к одному и тому же значению энергии основного состояния. Рассмотрим систему, для которой гамильтониан задает нам единственное значение энергии основного состояния E_{gs} : $H|\psi\rangle = E_{gs}|\psi\rangle$, а гамильтониан H' определяет энергию основного состояния E'_{gs} : $H'|\psi'\rangle = E'_{gs}|\psi'\rangle$. Эти гамильтонианы H и H' отличаются более чем на константу, т.е. $|\psi\rangle \neq |\psi'\rangle \exp\left(i\frac{\Delta E t}{\hbar}\right)$. Тогда можно найти такой гамильтониан H'' для которого будет выполняться условие $H' \rightarrow H'' + E_{gs} - E'_{gs}$.

Из этого равенства видно, что $H''|\psi\rangle = E_{gs}|\psi\rangle$. Это означает, что существует несколько гамильтонианов H и H' , приводящих к одному и тому же значению энергии основного состояния E_{gs} . Следовательно, отображение множества энергий на множество гамильтонианов не является однозначным. На практике чаще всего пользуются частным случаем, когда все потенциалы на бесконечном удалении обращаются в нуль, т.е. потенциальная энергия взаимодействия с внешним полем частиц, находящихся на бесконечном расстоянии от этого поля, обращается в нуль $V(r) \xrightarrow{|r| \rightarrow \infty} 0$, и потенциальная энергия частиц, находящихся друг от друга на бесконечном расстоянии друг от друга, тоже обращается в нуль $W(r_1, r_2) \xrightarrow{|r_1 - r_2| \rightarrow \infty} 0$. Подобные упрощения никак не скажутся на однозначности упомянутых отображений.

Можно заметить, что отображение множества энергий основного состояния на множество волновых функций – неоднозначно. Это следует из того факта, что хотя волновая функция, однозначно определяется гамильтонианом [2], отображение множества энергии основного состояния на множество гамильтонианов системы $E_{gs} \rightarrow H$ остается неоднозначным.

Также неоднозначным является и отображение, обратное этому, т.е. отображение множества волновых функций на множество энергии основного состояния. Это следует из неоднозначности определения гамильтониана системы по его волновой функции.

С помощью рассуждений, аналогичных рассуждениям об однозначности отображений, связывающих между собой множества волновых функций и энергий

основного состояния, можно заключить, что отображения множества функций плотности на множество энергий основного состояния и обратное ему – отображение множеств энергий состояния на множество функций плотности тоже не могут считаться однозначными.

Таким образом, мы показали, что используемый на практике критерий – хорошее согласие теоретических и экспериментально определяемых значений полной энергии системы – не может выступать в этом качестве.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДИОДНОГО УЗЛА СИЛЬНОТОЧНОГО ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОННОГО УСКОРИТЕЛЯ

Сазонов Р.В.

ГОУ ВПО ТПУ НИИ Высоких напряжений
Россия, 634050, Томск, пр. Ленина 2а
sazonr@mail.com

На базе сильноточного импульсного электронного ускорителя ТЭУ – 500 (350-500 кэВ, 60 нс, 250 Дж в импульсе) проведены экспериментальные исследования баланса тока и заряда при работе в режиме генерации электронного пучка с целью оптимизации работы диодного узла. Исследования выполнены для планарного диода с катодами диаметром 43-60 мм, изготовленными из графита, меди, углеродной ткани и с многоострийным катодом. Экспериментальные исследования ВАХ плоского диода с графитовым взрывоэмиссионным катодом в начальный период формирования электронного тока позволили построить феноменологическую модель образования взрывной эмиссии электронов на поверхности графитового катода с приложением к нему импульсного напряжения. Получено аналитическое выражение для суммарной площади дискретных эмиссионных центров в приближении сотовой структуры и постоянства числа центров в течение формирования импульса тока. Показано, что рост электронного тока при дискретной эмиссионной поверхности катода удовлетворительно описывается модифицированным соотношением Чайлда-Ленгмюра при уменьшении форм-фактора от 6 до 1. Скорость плазмы определяли из экспериментальной ВАХ диода. Получено, что скорость катодной плазмы постоянна и равна 2.5 ± 0.5 см/нс для графитового катода и катода из углеродной ткани в течение 60-70 нс после приложения напряжения. В дальнейшем отмечен линейный рост до 6 см/нс к концу импульса напряжения. Аналогично ведет себя катодная плазма медного сплошного и многоострийного катода, скорость которой в течение 70-80 нс составляет 4 ± 0.5 см/нс и затем увеличивается. Показано, что обнаруженный рост скорости плазмы не связан с

анодной плазмой.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО ЭФФЕКТА ЗЕЕМАНА В РУБИДИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИСТОЧНИКА ОДИНОЧНЫХ ФОТОНОВ

Самокотин А.Ю.

Московский физико-технический институт (государственный университет)
141700, Долгопрудный, Институтский пер., 9
samokotin@gmail.com
Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук
119991, Москва, Ленинский просп., 53

Рассмотрена возможность использования перехода σ -линии поглощения атома для создания однофотонного квантового фильтра на основе явления когерентного пленения населённости (КПН) [1,2]. Идея такого фильтра, на котором может быть основан источник одиночных фотонов, была недавно предложена новосибирскими исследователями [3]. Для реализации этой идеи на бозонных изотопах щелочных металлов ими было предложено использовать внешнее магнитное поле. При этом, вследствие нелинейности эффекта Зеемана, магнитные подуровни основного энергетического состояния атома смещаются неравномерно по магнитному квантовому числу. Это приводит к расщеплению резонансов КПН, возникающих на зеемановских компонентах рассматриваемого перехода. Напряжённость поля должна быть достаточна для того, чтобы расщепления резонансов существенно превышали их спектральную ширину.

Методом частотно-модуляционной спектроскопии нами была исследована зависимость расщеплений резонансов КПН от напряжённости магнитного поля и сделано заключение о возможности использования указанной атомной системы для создания квантового фильтра. Проведены оценки основных параметров прототипа источника однофотонных импульсов.

Литература

1. *Alzetta G. et al.*, Il Nuovo Cimento B. — 1976. — V. 36, N. 1. — P. 5–20.
2. *Progress in Optics*, V. 35. / ed. by Wolf E. — Amsterdam, Lausanne, New York, Oxford, Shannon, Tokyo: Elsevier, 1996.
3. *Taichenachev A.V., Tumaikin A.M., Yudin V.I.*, Europhys. Lett. — 2005. — V. 72, N. 4. — P. 562–568.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ЧАСТИЦ ПЛАЗМЕННЫХ КРИСТАЛЛОВ

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

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия
Научно-образовательный центр «Плазма», Петрозаводск, Россия
НОЦ «Плазма» Петрозаводский государственный университет
185910, Республика Карелия, Петрозаводск, пр.Ленина 33, ауд. 225
alexsem26@gmail.com

Цель данной работы состояла в анализе методами сканирующей атомно-силовой и электронной микроскопии, влияния воздействия плазмы на поверхность частиц, составлявших плазменный кристалл.

Исследования проводились с использованием монодисперсных сферических частиц меламинформальдегида (MF-R) с аттестованными размерами ($4,86 \pm 0,07$ мкм). Были поставлены эксперименты, в ходе которых частицы находились в плазме стационарного тлеющего разряда в неоне с различным временем экспозиции - 10, 20, 40 минут. Внутренний диаметр рабочей трубки составляет 30 мм. После выключения разряда, падающие частицы из плазменного кристалла, попадали на специальное приспособление – лопатку с клеящим веществом, слой которого был подобран таким образом, чтобы частица была погружена в него не более чем на 1/3 своего размера. Все эксперименты проводились с использованием вакуумного поста AV-63.

С помощью сканирующих электронного СМ 20.2 и атомно-силового (в контактном режиме) SMM-2000 микроскопов, были проанализированы профили поверхностей частиц до помещения в плазму и после извлечения из нее. В результате исследований были выявлены следующие различия в характере поверхности частиц:

- 1) с увеличением времени экспозиции частиц в плазме, увеличился размер микронеровностей поверхности, обусловленных, по-видимому, глобулярным строением «тела» макрочастицы;
- 2) на образцах частиц с временами экспозиции 20 мин, 40 мин – отчетливо видно наличие возрастающих углублений (каверн) на поверхности, связанных с ее деструкцией под действием компонентов плазмы;
- 3) обнаружены особенности структуры поверхности макрочастиц в виде эквидистантных регулярных полос, проходящих через всю поверхность частицы, которые становятся более заметными при увеличении времени экспонирования частицы в разряде. Их наличие связано, по-видимому, с технологией производства частиц;
- 4) обнаружены отдельные фрагменты, пока неизвестного происхождения,

похожие на «глобулы» из тела макрочастицы, прилипшие к ее поверхности.

Все это говорит о том, что условия экспонирования приводят к заметной модификации поверхностной и внутренней структуры макрочастиц в разряде, и могут повлиять на физико-химические характеристики среды упорядоченных плазменно-пылевых структур и создание наноразмерных фрагментов вещества макрочастиц, а также на характеристики процессов зарядки, адсорбции и десорбции для погруженных в плазму частиц конденсированной дисперсной фазы.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ УСТАНОВКИ МАРУСЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА НА УСКОРИТЕЛЕ НУКЛОТРОН

Смирнова Н.В., Смирнов В.Л., Юдин И.П.

Объединенный институт ядерных исследований
141980, г.Дубна, М.о., ул.Жолио-Кюри, 6
E-mail: smirnovvl@jinr.ru

Магнитооптический спектрометр “МАРУСЯ” является многоцелевой установкой для исследований на выведенных пучках ускорительного комплекса ЛФВЭ ОИЯИ: «Нуклотрон». Особенность физической программы на установке заключается в изучении глубокоподпороговых и кумулятивных процессов одновременно с измерением множественности и определением направления поляризации сталкивающихся ядер. Магнитооптическая система спектрометра состоит из дуплета квадрупольных линз К100 и МЛ17 и двух дипольных магнитов СП–40 и СП–57. Для изучения частиц с импульсами ГэВ/с осуществляется фокусировка за магнитом СП–57, в качестве анализирующего и отклоняющего магнита используется СП–57. Для изучения диапазона импульсов ГэВ/с пучок проводится за СП–40, в качестве отклоняющего магнита используется СП–57, анализирующим магнитом является СП–40. В докладе представлены результаты моделирования установки в целом. С помощью авторской программы, написанной на языке С, проведены исследования по оптимальному способу проведения пучка от мишени до системы детекторов на выходе установки. Алгоритм транспортировки - метод Рунге-Кутты 4-го порядка. Использовались карты магнитного поля, полученные авторами совместно с руководителем эксперимента д.ф-м.н. Балдиным А.А. Основная цель компьютерной транспортировки пучка – это получение близкого к равномерному распределению следов от треков частиц на детекторах и минимизация потерь частиц. Уникальность установки заключается и в том, что дуплет линз и магнит СП-57 расположены на одном ложементе, способном вращаться по радиусу (с центром в

точке входа пучка в установку), тем самым можно при разных энергиях частиц пучка менять угол входа в основной анализирующий магнит СП-40. Полученные настройки будут использованы в сеансе 2009 г. ускорителя Нуклотрон.

СЕТЕВЫЕ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ НА ОСНОВЕ НЕДООПРЕДЕЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ

Смирнов К.Е., Смирнов И.Е.

Центр информационных технологий и систем
123557, г. Москва, ул. Пресненский Вал, д. 17
postmaster@vntic.org.ru

В настоящее время актуальной задачей является создание сетевых систем для решения вычислительных задач в различных областях физики. Такие системы должны обеспечивать средства для коллективной работы над моделями физических явлений, визуализации полученных данных и иметь высокопроизводительное вычислительное ядро. Данная работа посвящена разработке систем моделирования и визуализации на основе технологии недоопределенных моделей, позволяющей значительно повысить эффективность решения вычислительных задач физики, в том числе задач с неполными и недоопределенными данными. Для реальных задач характерно наличие недоопределенных данных, и существующие методы часто оказываются неэффективными.

Сетевая система моделирования и визуализации представляет собой многопользовательскую систему, доступ к которой осуществляется через сеть Интернет или локальные сети с помощью веб-браузера. Система предназначена для разработки математических моделей физических явлений, проведения вычислений и трехмерной визуализации физических объектов.

Основой системы моделирования является вычислительное ядро на основе технологии недоопределенных моделей, относящейся к направлению программирование в ограничениях (Constraint programming). Технология позволяет повысить эффективность моделирования в задачах с недоопределенными (интервальными) данными. Задача описывается в виде недоопределенной модели, представляющей совокупность ограничений произвольного вида, связывающих параметры модели – уравнений, неравенств, логических выражений и т.п. Все данные могут быть заданы в виде интервалов, иметь разные типы. Возможно решение обратных задач.

Трехмерная визуализация необходима при наличии больших массивов данных для эффективного восприятия информации. Интерактивное взаимодействие с физической

моделью в системе позволяет проводить физические эксперименты в реальном времени с использованием недоопределенных моделей.

Система перспективна для решения вычислительных задач и визуализации в различных областях физики.

ГЛОБАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЖЕЛОБКОВОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ

Сорокина Е.А.

Московский инженерно-физический институт (государственный университет)
115409, Каширское ш., 31
sorokina.ekaterina@gmail.com

Работа посвящена изучению фундаментального вопроса о влиянии макроскопического дифференциального вращения на собственные моды желобковой неустойчивости плазмы, связанного с проблемой возможного подавления турбулентности в современных магнитных термоядерных системах при помощи дифференциального вращения, а также с важной ролью эффектов вращения плазмы в астрофизических объектах (звезды, аккреционные диски и др.).

В рамках одножидкостной магнитной гидродинамики исследовано влияние вращения на желобковую неустойчивость цилиндрической гравитирующей плазмы в прямом неоднородном магнитном поле. Получено дисперсионное уравнение и интегральное выражение для инкрементов неустойчивости собственных мод. Показано, что в данной постановке задачи вращение дестабилизирует собственные моды; в общем случае доказана соответствующая теорема. Для кусочно-линейного радиального профиля угловой скорости вращения рассчитана структура собственных мод; установлено, что их инкремент растет с увеличением угловой скорости вращения и азимутального волнового числа, при этом порог неустойчивости вращающейся плазмы ниже порога покоящейся плазмы с тем же распределением плотности. Показано, что специальное профилирование вращения (создание ширового слоя в области локализации рассматриваемой моды) может приводить к изменению структуры моды и определенному снижению инкремента неустойчивости. Проведенное численное моделирование продемонстрировало нетривиальный эффект отсутствия собственных мод (т.е. экспоненциальной неустойчивости системы) для определенных профилей плотности плазмы и угловой скорости её вращения.

Надежность численных расчетов обеспечивалась двойной верификацией: по методу стрельбы и проверкой собственных значений из интегральных соотношений, а также согласованием с результатами, полученными аналитически.

Литература

1. Сорокина Е.А. // Физика плазмы. 2009. Т. 35. Принята к печати.

МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАВЛЕНИЯ И ПРЕДПЛАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ПРИ КОНТАКТЕ СО СРЕДОЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Стариков С.В.

Объединенный институт высоких температур РАН
125412, Москва, ул. Ижорская 13, строение 2
Московский физико-технический институт (ГУ)
141700, Долгопрудный, пер. Институтский 9
starikov@ihed.ras.ru

Во многих экспериментальных работах, где исследуются кривые плавления ряда металлов (молибден, тантал и т. д.) при давлениях порядка 100 ГПа, указывается на зависимость результатов от методики измерения. Кривые плавления, полученные по измерениям в алмазных наковальнях, систематически оказываются расположенными при более низких температурах, чем должно быть исходя из результатов ударно-волновых измерений. Одним из таких “проблемных” металлов является железо. В то же время, существуют металлы, для которых указанные трудности не возникают. В частности, таким металлом является алюминий. Любое объяснение причин противоречий в экспериментальных данных для кривой плавления железа, должно объяснять отсутствие таких противоречий для алюминия.

Особенность измерений кривых плавления в алмазных наковальнях заключается в том, что определение плавления происходит по структурным изменениям на поверхности образца помещённого в некоторую среду (чаще всего аргон или Al_2O_3) проводящую давление. Вместе с тем известно, что для поверхностного плавления происходящего в вакууме возможно предплавление когда атомы на поверхности переходят в неупорядоченное состояние при температуре ниже, чем температура плавления данного вещества.

В данной работе были выполнены молекулярно-динамические расчёты по изучению процесса плавления железа и алюминия при высоких давлениях в условиях контакта с неупорядоченным аргоном. Предплавление проявилось при моделировании для обоих металлов. Для железа температурный интервал ΔT , в котором наблюдалось предплавление, имел тот же порядок что и температурное расхождение между кривыми плавления, полученными разными экспериментальными методиками. Для

алюминия предплавление проявилось слабо по сравнению с погрешностями в экспериментах. Таким образом, этот эффект может быть одной из причин расхождения экспериментальных данных по определению кривой плавления железа в области высоких давлений.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛАЗМЕННО-ПЫЛЕВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Тимирханов Р.А., Гавриков А.В., Горанская Д.Н., Иванов А.С.,
Петров О.Ф., Фортгов В.Е.

Учреждение Российской академии наук
Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН)
125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2
timirkhanov@ihed.ras.ru

Особенностью пылевой плазмы является то, что благодаря относительно большим размерам частиц, их заряд может иметь чрезвычайно большие величины (порядка 10^2 - 10^5 зарядов электрона) и оказывается возможным появление ближнего порядка, и даже кристаллизация в системе пылевых частиц. В ряде работ был отмечен неньютоновский характер плазменно-пылевой жидкости, проведены исследования ее вязкопластических свойств. Однако вязкопластические свойства плазменно-пылевой структуры в областях состояний, характеризующихся большими значениями параметра неидеальности, и особенно состояний, соответствующих кристаллической фазе плазменно-пылевого образования, остается практически неизученной.

В данной работе проведено исследование вязкопластических свойств кристаллических плазменно-пылевых образований и их структурных характеристик в зависимости от приложенного касательного напряжения создаваемого лазерным излучением. Эксперименты проводились для различных значений мощности возмущающего излучения и различной ширины лазерного луча. Были получены основные структурные характеристики кристаллического плазменно-пылевого образования (корреляционные функции, параметр неидеальности, средние межчастичные расстояния).

Впервые наблюдалось гидродинамическое (вязкопластическое) течение кристаллической плазменно-пылевой структуры под воздействием касательного напряжения, создаваемого лазерным излучением, установлен пороговый характер течения такой структуры. Были получены профили скорости движения пылевых частиц вдоль канала течения, зависимость максимальной скорости частицы в канале течения от мощности

лазерного излучения. В работе определено пороговое значение мощности лазерного излучения, при котором возникало течение плазменно-пылевого кристалла. Впервые в вязкопластическом течении плазменно-пылевого кристалла наблюдался механизм образования и последующей аннигиляции краевых дислокаций несоответствия.

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ И ЭМИССИОННЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПРОБ ВОДЫ

Третьяков Т.В., Смердов И.В.

МГТУ им.Н.Э. Баумана, tretiakovtim@yandex.ru

МЭИ (ТУ), ivan-smerdov@yandex.ru

Целью настоящего исследования было определить качественный состав примесей, содержащихся в пробах воды, взятых из рек г. Кемерово, измерением коэффициента магнитной восприимчивости и использованием эмиссионного анализа.

В работе рассматривается природа магнетизма, в частности диамагнитные свойства веществ. Согласно современным научным представлениям при внесении диамагнетика в магнитное поле в каждом его атоме наводится магнитный момент, направленный противоположно внешнему полю. Как известно, к диамагнетикам относится вода, некоторые металлы и т.д. Также в работе рассматриваются физические основы эмиссионного спектрального анализа - физического метода качественного и количественного определения элементов, основанного на изучении спектров испускания паров анализируемого вещества. Элементы в пробе определяют по наличию в этих спектрах характерных линий излучения атомов и иногда ионов (качественный анализ).

Для определения коэффициента магнитной восприимчивости был использован метод Фарадея, основанный на том, что диамагнетик, внесенный во внешнее магнитное поле, изменяет магнитную индукцию поля. Установка состояла из 2-х источников питания, катушек индуктивности и измерительных приборов.

Спектральный анализ исследуемых проб воды проводился на кварцевом спектрографе ИСП-30. Регистрация спектров излучения проводилась фотографическим методом.

На основании изучения полученных спектров, определили вещества, содержащиеся в пробах вод, а также соотношение количества совпадающих веществ, находящихся в пробах воды, взятых из рек Томь и Искитимка, а также в обычной водопроводной воде.

ФУЛЛЕРИТ C_{60} , ИНТЕРКАЛИРОВАННЫЙ ФРЕОНОМ CH_2F_2

Труханёнок А.Н.

ИПХФ РАН
antonxt@gmail.com

Впервые был получен фуллерит C_{60} , интеркалированный CH_2F_2 (фреоном 32). Полученный образец был изучен методами элементного анализа, порошковой рентгеновской дифрактометрии, масс спектрометрии и ИК спектроскопии.

Установлено, что состав образца соответствует формуле $(CH_2F_2)C_{60}$. Образец кристаллизуется в гранецентрированную кубическую решётку, постоянная которой (14,284 Е) существенно превышает постоянную чистого фуллерита (14,16 Е).

Газ, который выделяется из образца при его нагреве в вакууме до температуры 450°C, состоит, согласно данным масс спектрометрии, в основном из исходного фреона. Продуктов деструкции фреона при этой температуре обнаружено не было. Частота валентного колебания С-Ф (1058 cm^{-1}) в $(CH_2F_2)C_{60}$ смещена на 30 cm^{-1} в сторону низких волновых чисел относительно таковой в газовой фазе. Полосы поглощения при 1182 и 1428 cm^{-1} , обусловленные ИК активными модами (F_{1u}) высокосимметричной (I_h) молекулы C_{60} , не меняют свое положение в результате интеркаляции.

Вследствие сжатия примесной молекулы фреона в октапоре появляются два дополнительных эффекта. Во-первых, происходит некоторое увеличение силовых постоянных, в большей степени для валентных колебаний и в меньшей степени для деформационных колебаний, мало влияющих на объем молекулы. Во-вторых, в форме нормального колебания появляется вклад от движения C_{60} как целого, что приводит к увеличению эффективной массы колебания. В результате для колебаний малой интенсивности, в особенности, необходимо учитывать оба, эффекта, первый из которых приводит к сдвигу в сторону больших волновых чисел, а второй - меньших волновых чисел.

ФАЗЫ БЫСТРОЙ ЗАКАЛКИ ЖИДКОГО УГЛЕРОДА

Турчанинов М.А., Башарин А.Ю., Дождиков В.С.

ОИВТ РАН (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д.13 стр.2
turchaninoff@mail.ru

В настоящей работе сделан шаг на пути становления нового направления исследований, связанного с применением жидкого углерода для получения новых углеродных материалов. Трудности на этом пути определяются экстремально высоким

давлением $p_{\text{ТТ}}$ тройной точки жидкого углерода в сочетании с ее температурой 5000К. Выполнено исследование структуры неграфитовых кристаллических фаз, закаленных из жидкого углерода при скорости закалки $V \sim 10^6$ К/с. Из научной литературы известно, что сверхбыстрое охлаждение со скоростью $V \gg 10^{13}$ К/с приводит к аморфной структуре, а квазиравновесное охлаждение, – к тривиальной равновесной структуре гексагонального графита. Предполагается, что быстрая закалка с промежуточными скоростями должна приводить к образованию кристаллических фаз неграфитовой структуры, если в жидкой фазе имеются зародыши таких фаз.

Структура жидкого углерода вблизи тройной точки кристалл-жидкость-пар экспериментально практически не исследована. По литературным данным жидкий углерод при $p < 400$ МПа имеет плотность 1.2 г/см³ (при плотности графита 2.25 г/см³). Молекулярно динамическое моделирование жидкой структуры с такой плотностью дает преимущественно карбиноподобный ближний порядок. Сопряженные связи между углеродными атомами в жидком углероде низкой плотности (характерные для карбина) недавно обнаружены экспериментально. В настоящей работе требуемая скорость закалки $V \sim 10^6$ К/с достигалась в результате импульсного лазерного воздействия на образец НОРГ, помещенный в гелиевый газостат с давлением $p > p_{\text{ТТ}}$. Доказательством достижения жидкого состояния являлось формирование кратера с поверхностной периодической структурой (результат интерференции лазерного излучения и ПЭВ). Структура неграфитовых углеродных фаз приповерхностной области кратера исследовалась методами комбинационного рассеяния света, микродифракции электронов и энергодисперсионного химического анализа. Обнаружено, что закаленный углерод имеет гибридную структуру стеклоуглерода с высокой температурой термообработки, с включениями кристаллических алмаза, карбина, чаоита и кубической фазы сверхплотного углерода (C_8).

Обнаруженные впервые неграфитовые кристаллические фазы и стеклоуглерод, как продукты затвердевания жидкого углерода, подтверждают его полимерную структуру.

РАСSEЯНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ПЛАЗМОЙ, ОБРАЗУЕМОЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МОЩНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА МАЛОПЛОТНЫЕ СРЕДЫ

Фроня А.А., Борисенко Н.Г., Васин Б.Л., Меркульев Ю.А.,
Осипов М.В., Пузырев В.Н., Саакян А.Т., Стародуб А.Н.,
Якушев О.Ф.

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва
119991, г. Москва, Ленинский проспект, 53
nastya708@yandex.ru

Исследования взаимодействия интенсивного лазерного излучения с полимерными малоплотными средами представляют значительный интерес, поскольку использование таких материалов предполагает возможность перераспределения энергии излучения, прошедшего через данный объект, что приведет к более эффективной передачи лазерной энергии плазме. Процессы рассеяния, протекающие в плазме, приводят к потере части энергии греющего излучения, что влияет на процесс введения энергии лазерного излучения в мишень.

В работе излагаются результаты серии экспериментов по изучению рассеянного излучения плазмой малоплотных полимерных мишеней, выполненные на мощной лазерной установке «Канал-2» [1]. Малоплотные полимерные мишени представляют собой трехмерные полимерные сетки с микронными или субмикронными ячейками с размерами волокон 50-100 нм. В результате проведенных экспериментов был обнаружен различный характер рассеяния излучения на основной частоте и частоте второй гармоники. Излучение, рассеянное вперед и назад на частоте ω_0 , сконцентрировано практически в апертуре греющего лазерного пучка, а излучение на частоте $2\omega_0$ распределено диффузно в пространстве. Зарегистрированы спектры рассеянного плазмой вперед и назад излучения на частотах ω_0 и $2\omega_0$. Сложная структура спектров излучения плазмы на основной частоте и частотах гармоник свидетельствует о возбуждении в области электронной плотности $n_e < n_c$ плазменных колебаний, что указывает на существование различных типов нелинейного взаимодействия излучения с плазмой.

Работа частично поддержана Российским Фондом Фундаментальных Исследований: гранты № 06-02-17526, 07-02-01148, 07-02-01407.

Литература

1. A.A. Fronya, D.B. Charelishvili, M.V. Osipov, V.N. Puzyrev, A.T. Sahakyan, A.N. Starodub, B.L. Vasin, O.F. Yakushev. Interaction of Intensive Laser Radiation with Matter on Installation KANAL-2. XXX ECLIM. 30th European Conference on Laser Interaction with Matter. August 31 – September 5, 2008. Darmstadt, Germany. P. 43.

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ ВЕЩЕСТВ В ОТКРЫТОЙ АТМОСФЕРЕ ПО ЕДИНИЧНОМУ ИЗМЕРЕНИЮ ФУРЬЕ-СПЕКТРОРАДИОМЕТРА

Фуфурин И.Л.

Московский Государственный Технический Университета им. Н.Э. Баумана
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5
igfil@mail.ru

Для получения сведений о химическом составе атмосферы необходимо на основе зарегистрированных спектров определять концентрации искомых газовых компонент, их распределение в пространстве и т.п. Для этого необходимо решить обратную задачу атмосферной оптики, основой которой является уравнение переноса излучения в средах с поглощением, рассеянием и наличием собственного излучения среды [1]. Получить аналитическое решение данного уравнения достаточно сложно, поскольку в уравнении переноса излучения присутствует ряд параметров, которые надо доопределить исходя из конкретики поставленной задачи. В ряде случаев, когда необходима непрерывная работа при быстро меняющихся внешних условиях, требуется разработать методику идентификации веществ в открытой атмосфере по единичному зарегистрированному спектру. В настоящей работе предлагается методика экспресс-анализа веществ в атмосфере [2], основанная на распознавании единичного спектра фурье-спектрометра [3].

На первом этапе экспресс-анализа проводится выделение суммарного нормированного спектра трассы наблюдения. Для этого две функции Планка, умноженные на функцию пропускания фурье-спектрометра, вписываются в спектр, и выделяется нормированный спектр. На втором этапе происходит расчет атмосферного спектра путем минимизации функционала невязки с определенной штрафной функцией. Наконец, на последнем этапе происходит отбраковка веществ базы данных по коэффициентам корреляции. Вещество, обладающее наибольшей корреляцией, превышающей априорно установленный порог, считается обнаруженным в данном эксперименте [2].

Описанная абсолютная методика реализована в программном комплексе и апробирована в серии экспериментов по распознаванию как веществ, имеющих широкие линии и полосы в спектре (лавсан, полистирол), что облегчает задачу распознавания, так и веществ имеющих узкие линии и полосы (аммиак), зачастую перекрываемые атмосферой (этанол, фторопласт). Для различных погодных условий получены положительные результаты идентификации разных типов веществ.

По результатам проведенного анализа изложенной методики решения обратной задачи атмосферной оптики, можно утверждать о возможности ее применения на практике: в научных, технических и экологических целях для беспробоотборного определения состава смеси газов в открытой атмосфере.

Литература

1. Морозов А.Н., Светличный С.И. Основы фурье-спектрометриии. Инт-т энергетических проблем хим. физики РАН. М.: Наука, 2006. 275 с.
2. С.К. Дворук, В.Н. Корниенко, И.В. Кочкиков и др. Мониторинг загрязняющих веществ в атмосфере с помощью Фурье-спектрометра // Оптический журнал. 2004. Т. 71, № 5, С. 7-13
3. И.В. Кочкиков, А.Н. Морозов, С.И. Светличный, И.Л. Фуфурин Распознавание веществ в открытой атмосфере по единичной интерферограмме фурье-спектрометра // Оптика и спектроскопия. 2009. (в печати)

НЕВОЗМУЩАЮЩАЯ ДИАГНОСТИКА ИОННЫХ ПУЧКОВ ПО СВЕЧЕНИЮ ГАЗА

Худомясов А.В., Голубев А.А., Гурьева Е.В., Канцырев А.В.,
Марков Н.В., Рудской И.В., Смирнов Г.Н., Туртиков В.И., Фертман А.Д.
ФГУП ГНЦ РФ — Институт Теоретической и Экспериментальной Физики

В работе представлены экспериментальные результаты исследования возможностей использования метода газовых сцинтилляций для диагностики пучков заряженных частиц на установке ТВН-ИТЭФ. Основой для проведения фундаментальных и прикладных исследований на ускорителях является базовая информация о пространственных и временных параметрах ионного (или протонного) пучка. Для невозмущающей диагностики пространственных характеристик интенсивных пучков ионов представляется возможным использовать потоки фотонов, возникающих в результате взаимодействия пучка с молекулами или атомами газа. На установке ТВН-ИТЭФ проводятся систематические измерения интенсивности свечения аргона и других газов при различных значениях давления газа в диагностической камере. В результате экспериментальных исследований были получены зависимости интенсивности свечения газа под воздействием углеродного пучка от числа частиц в импульсе для различных давлений аргона в диагностическом объеме, позволяющие сделать вывод о линейной зависимости интенсивности свечения аргона от числа ионов углерода при давлениях от 50 до 500 Тор и интенсивности пучка в диапазоне от $1 \cdot 10^9$ до $3.5 \cdot 10^9$ ионов за импульс длительностью 1 мкс (по основанию). В пределах экспериментальной погрешности измеренная ширина профиля пучка по его изображению в газе не зависит от давления в диагностическом объеме и от числа ионов в импульсе в исследованном диапазоне давлений газа и интенсивностей пучка. Полученное в эксперименте нелинейное поведение интенсивности выхода излучения от давления газа объясняется возрастанием вероятности столкновительного тушения возбуж-

денных состояний с ростом плотности газа. Проведенные исследования показали, что для углеродных пучков интенсивностью до $3.5 \cdot 10^9$ ионов за импульс (длительностью 1 мкс по основанию) профили изображения, полученные методом газовой сцинтилляции, соответствуют профилям, полученным с помощью тонких сцинтилляционных экранов. Это позволяет предложить данную методику в качестве диагностической для подобного рода пучков заряженных частиц.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ «ИННОВАЦИОННОГО ЦЕНТРА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ»

Иванов А.А.

ЗАО «Инновационный Центр Энергосберегающих Технологий»
ivanov@icspower.com

Теплоснабжение промышленных и бытовых потребителей в России в настоящее время превратилось из отраслевой проблемы в проблему национального масштаба с ярко выраженным социальным и экономическим аспектом. Существующие тепловые системы, в основной своей массе, проектировались и создавались много лет назад и на сегодняшний день, зачастую, не в состоянии функционировать без значительных потерь, так как сильно изношены, а теплотехническое оборудование устарело морально и физически. Одной из важнейших проблем теплоэнергетики является повышение коэффициента полезного действия при выработке тепловой энергии, защита от внутренней коррозии котлов, насосного оборудования и трубопроводов тепловых электростанций, котельных и сетей. Пагубными последствиями внутренней коррозии являются: значительное сокращение времени эксплуатации оборудования, что влечет за собой внеплановые расходы на ремонт, -снижение теплоотдачи на теплоноситель, следовательно увеличивается расход топлива и количество выбросов продуктов сгорания в атмосферу. В совокупности эти факторы превращают отечественное теплоснабжение в самый энергорасточительный сегмент национальной экономики. На современном этапе проблемы энергосбережения решаются многими компаниями и специалистами, но существующие подходы к решению этой проблемы морально и технически устарели, и зачастую не эффективны.

Именно идея крайней необходимости в глобальном развитии сектора энерго- и ресурсосбережения в отрасли послужила основой для создания Инновационного Центра Энергосберегающих Технологий (ИЦЭТ). Главная задача «ИЦЭТ» - это консолидация и внедрение технологических решений, изобретений и идей, направленных на решение проблем энергосбережения во всех областях жизнедеятельности человека в условиях постоянно растущей потребности в энергии. Центр разрабатывает комплексные решения по модификации систем теплоснабжения городов, поселков и предприятий, имеющих тепловую генерацию, с применением новых технологий, с установкой высокотехнологичных элементов и современного оборудования, подготавливает специализированный персонал. Одно из основных направлений разработок в компании – это технологическая модификация систем тепло/водоснабжения с применением инноваци-

онной технологии, позволяющей устранить негативные аспекты эксплуатации системы теплоснабжения, в первую очередь связанных с коррозией конструкционных материалов и образованием на теплообменных поверхностях оборудования термобарьерных отложений, а также установка рекуперационных турбин для аварийного электроснабжения оборудования. «ИЦЭТ» особое место уделяет экологической составляющей своих проектов, ведь в наши дни особенно важно использовать технологии, которые в меньшей степени наносят вред окружающей среде, и пытается найти оптимальный баланс между человеком и природой. Цель компании состоит не только в качественном подходе к проблеме значительного сокращения расходов на выработку тепловой энергии и ремонт оборудования в сфере промышленной теплоэнергетики и систем ЖКХ, но и максимальная безопасность используемых технологий для окружающей среды и экосистемы в целом. Для создания и внедрения новых технических и технологических решений, компанией учрежден "Венчурный инновационный фонд", который финансирует внедрение и реализацию инновационных идей и разработок в сфере ведущих промышленных отраслей экономики. Фонд активно содействует молодым талантливым студентам и ученым в развитии и внедрении инновационных проектов, обеспечивает полное юридическое сопровождение на всех этапах сотрудничества. «ИЦЭТ», совместно с Венчурным фондом, планируют проведение ряда совместных семинаров, направленных на решение прикладных задач в реальных секторах экономики. Деятельность Инновационного Центра Энергосберегающих Технологий «ИЦЭТ» получила положительный отклик в Российских и международных научно-технических кругах. Основные партнеры компании – это ведущие Научно-Исследовательские институты и Технические университеты России, такие как Московский Энергетический Институт, Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э. Баумана, Саратовский Государственный Технический Университет и многие другие. Развивая новое перспективное направление, «ИЦЭТ» готов рассматривать любые предложения о сотрудничестве.

1. Авдеев М.В., Прошин Ю.Н., Царевский С.Л.

Казанский государственный университет,
420008 Казань, ул. Кремлёвская, 18,
avdeyev_mv@mail.ru

2. Алеев А.А., Залужный А.Г., Никитин А.А., Рогожкин С.В.,

Государственный научный центр Российской Федерации Институт теоретической
и экспериментальной физики (ФГУП ГНЦ РФ ИТЭФ),
117218, г. Москва, ул. Б. Черемушкинская 25,
Andrey.Aleev@itep.ru

3. Андряш И.А.

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН
119991, Москва, Ленинский проспект, д. 53,
iandr@sci.lebedev.ru

4. Бабичева В.Е., ¹Лозовик Ю.Е.

Московский физико-технический институт (ГУ)
Институтский пер., д. 9, Долгопрудный, Московская обл., 141700

¹Институт спектроскопии РАН
ул. Физическая, д. 5, Троицк, Московская обл., 140190, lozovik@isan.troitsk.ru,
vitanyvitany@mail.ru

5. Бессонова О.В., Хохлова В.А.

МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра акустики
119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1,
olga@acs366.phys.msu.ru

6. Болотов А.В.*, Киселев В.Д., Кашаева Е.А., Коновалов А.И.

Химический институт им. А.М. Бутлерова Казанского государственного
университета
420008 г. Казань, ул. Кремлевская, 18,
highpress@gmail.com

7. Буйвидович П.В.

Институт Теоретической и Экспериментальной Физики,
117218 Москва, ул. Большая Черемушкинская, 25,
gbuividovich@gmail.com

8. Булатов Н.В.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Физический факультет
119991, Москва, Ленинские горы, д. 1,
nick_bulatov@mail.ru

9. Валикова И.В.

Московский инженерно - физический институт (государственный университет)
115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31
IValikova@mail.ru

10. Ворона Н.А., Гавриков А.В., Петров О.Ф., Васильев М.Н.

Учреждение РАН, Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН)
125412 г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2,
raraavis@ihed.ras.ru

11. Германов А.Б., Решетникова Е.В., Назаров А.В.

Московский инженерно-физический институт (государственный университет)
Каширское шоссе, д.31
avn46@mail.ru, releva@mail.ru

12. Гладченко Е.В.^{1,2*}, Андриюшечкин Б.В.², Жидомиров Г.М.^{2,3}, Ельцов К.Н.²

¹ Московский физико-технический институт (ТУ).
141700, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский переулок,9,
hladchanka@kapella.gpi.ru

² Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН
119991, Москва, ул. Вавилова, 38

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1

13. Голяк И.Л.С., Косенко Д.В.

МГТУ имени Н.Э. Баумана, кафедра «Физика»
105005, Москва, ул. 2-ая Бауманская д.5,
iliyagol@mail.ru

14. Голяк Иг. С.

МГТУ имени Н.Э. Баумана, кафедра «Физика»
105005, Москва, ул. 2-ая Бауманская д.5,
gwynbleidd_85@mail.ru

15. Гращенко П.В., Жук А.З., Кисленко С.А., Самойлов И.С.

ОИВТ РАН
125412, Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2
graschenko@bk.ru

16. Гыйлметдинова Г.З., Абдуллин И.Ш., Рахматуллина Г.Р.

Казанский государственный технологический университет
г. Казань, Ул. К. Маркса, 68, 420015
ggz84@inbox.ru

17. Дайнеко С.В., Захарченко К.В., ¹Олейников В.А., ²Тедорадзе М.Г.,
Чистяков А.А.

Московский инженерно-физический институт (ГУ),

¹Институт биоорганической химии РАН, Москва

²Институт физической химии и электрохимии РАН, Москва

s.daineko@gmail.com

18. Дмитриев К.В., Буров В.А., Сергеев С.Н.

МГУ им М.В. Ломоносова, физический факультет

119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, д. 1

kdmitrie@aesc.msu.ru

19. Жукова М.А.

Томский Политехнический Университет

634050, Томск, ул. Ленина 30,

zhukova_mariya@mail.ru

20. Карабулин А.В.

Московский инженерно-физический институт (ГУ)

115409, Москва, Каширское шоссе, 31

avkarabulin@gmail.com

21. Кисленко С.А., Самойлов И.С., Амиров Р.Х.

ОИВТРАН

125412, Москва, ул. Ижорская, 13/19,

kislenko-s@mail.ru

22. Колесов Д.В., Яминский И.В.

Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д.1,

kolesov@polly.phys.msu.ru

23. Комов М.Н., Русских Г.А., Юдин И.П.

Государственный университет “Природы, общества и человека “Дубна”.

141980, г.Дубна, М.о., ул. Университетская, 19, кафедра биофизики,

luzefer@mail.ru

24. Кононенко А.Г., Буров В.В.

Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова

119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, физический факультет,

Объединенный институт ядерных исследований.

141980, г.Дубна, М.о., ул. Жолио-Кюри, 6

konange@theor.jinr.ru, zauberberg85@mail.ru

25. Кострова М.А., Янин Д.В.

Нижегородский госуниверситет
603022 г. Н.Новгород, пр. Гагарина, д. 23,
Институт прикладной физики РАН
603950 г.Н.Новгород, ул. Ульянова, д.46
kostrova-margari@mail.ru

26. Косткин Р.С.

Московский педагогический государственный университет
119991, ГСП-2, г. Москва, ул. Малая Пироговская, д. 1
rkost@bk.ru

27. Кострюков П.В.,

МГУ, им. М.В. Ломоносова, физический факультет
119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1,
kostryukov@gmail.com

28. Котова Н.Е., Ковалёв В.И.

Физический институт им. П.Н. Лебедева
Москва, 119991, Ленинский проспект, 53,
nadezda_est@list.ru

29. Крючкова Д.М., Конжур Е.А., Юдин И.П.

Государственный университет “Природы, общества и человека “Дубна”.
141980, г. Дубна, М.о., ул. Университетская, 19, кафедра биофизики,
Din-Din-86@mail.ru

30. Лысенко И.Ю., Собина О.А., А.Ю. Башарин, Турчанинов М.А.

ОИВТ РАН
125413 Москва, ул. Ижорская, д.13, стр. 2;
iul87@mail.ru

31. Маникин П.С.¹, Кулагина Т.П.²

¹ Российский университет дружбы народов
117198, Москва, ул. Миклухо-Макляя, д.6,
² Институт Проблем Химической Физики РАН
142432, Московская обл., г. Черноголовка, просп. акад. Семенова, 1
apashiy@mail.ru

32. Манцевич С.Н., Балакший В.И.

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова.
119991 Россия, Москва, Воробьевы Горы д.1, физический факультет,
snmantsevich@yahoo.com

33. Меньшиков Е.А., Яминский И.В.

МГУ, им. М.В. Ломоносова, физический факультет
119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1
emenshikov@gmail.com

34. Неганов И.И.

МГТУ им. Баумана
105005, ул. 2-я Бауманская д. 5
ineganov@gmail.com

35. Орлов Л.М.

МГУ, им. М.В. Ломоносова, физический факультет
119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1
znamen@phys.msu.ru

36. Пасека О.И., Сухоруков А.П.

МГУ, им. М.В. Ломоносова, физический факультет
119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1 стр. 2
кафедра фотоники и физики микроволн,
olgapaseka@gmail.com

37. Петров А.А., Амиров Р.Х., Самойлов И.С.

ОИВТ РАН,
125412, Москва, ул. Ижорская 13, к. 1. отдел 3.3 плазмы,
lioha84@mail.ru

38. Попова Е.П.

МГУ, им. М.В. Ломоносова, физический факультет
119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 2
porovaelp@mail.ru

39. Пырлин С.В., Еркович О.С.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Физика».
105005, ул. 2-я Бауманская д. 5,
pyrlinsv@mail.ru

40. Раздольский И.Э., Мурзина Т.В., Акципетров О.А., Иноуэ М.

МГУ, им. М.В. Ломоносова, физический факультет
119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1
Toyohashi University, Japan.
jesper@shg.ru

41. Руцкая А.М.

МГТУ им. Н.Э. Баумана
105005, ул. 2-я Бауманская д. 5
anna8502@mail.ru

42. Сазонов Р.В.

ГОУ ВПО ТПУ НИИ Высоких напряжений
634050, Томск, пр. Ленина 2а
sazonr@mail.com

43. Самокотин А.Ю.

Московский физико-технический институт (ГУ)
141700, Долгопрудный, Институтский пер., 9
Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук
119991, Москва, Ленинский просп., 53
samokotin@gmail.com

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

Петрозаводский государственный университет, Научно-образовательный центр
«Плазма»,
185910, Республика Карелия, Петрозаводск, пр. Ленина, 33
alexsem26@gmail.com

45. Смирнова Н.В., Смирнов В.Л., Юдин И.П.

Объединенный институт ядерных исследований.
141980, г.Дубна, М.о., ул.Жолио-Кюри, 6.
smirnovvl@jinr.ru

46. Смирнов К.Е., Смирнов И.Е.

Центр информационных технологий и систем
123557, г. Москва, ул. Пресненский Вал, д. 17,
postmaster@vntic.org.ru

47. Сорокина Е.А.

Московский инженерно-физический институт (ГУ)
115409, Каширское ш., 31
sorokina.ekaterina@gmail.com

48. Стариков С.В.

Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН)
125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2
Московский физико-технический институт (ГУ)
141700, Долгопрудный, Институтский пер., 9,
starikov@ihed.ras.ru

49. Тимирханов Р.А., Гавриков А.В., Горанская Д.Н., Иванов А.С., Петров О.Ф., Фортгов В.Е.

Учреждение Российской академии наук
Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН)
125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2,
timirkhanov@ihed.ras.ru

50. Третьяков Т.В., Смердов И.В.

МГТУ им.Н.Э.Баумана,
105005, ул. 2-я Бауманская д. 5
МЭИ (ТУ),
tretyakovtim@yandex.ru

51. Труханёнок А.Н.

ИПХФ РАН
antonxt@gmail.com

52. Турчанинов М.А., Башарин А.Ю., Дождиков В.С.

ОИВТ РАН
125412, г. Москва, ул. Ижорская, д.13 стр.2,
turchaninoff@mail.ru

53. Фроня А.А., Борисенко Н.Г., Васин Б.Л., Меркульев Ю.А., Осипов М.В., Пузырев В.Н., Саакян А.Т., Стародуб А.Н., Якушев О.Ф.

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва
119991, г. Москва, Ленинский проспект, 53,
nastyu708@yandex.ru

54. Фуфурин И.Л.

Московский Государственный Технический Университета им. Н.Э. Баумана
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5,
igfil@mail.ru

55. Худомясов А.В., Голубев А.А., Гурьева Е.В., Канцырев А.В., Марков Н.В., Рудской И.В., Смирнов Г.Н., Туртиков В.И., Фертман А.Д.

ФГУП ГНЦ РФ – Институт Теоретической и Экспериментальной Физики
andrei_vas@rambler.ru

56. Иванов А.А.

ЗАО «Инновационный Центр Энергосберегающих Технологий»
ivanov@icspower.com