

Т. 16, № 1, 2010

ISSN 1609 - 3143

Физическое образование в вузах

Приложение

Труды конференции–конкурса молодых физиков

Москва, 19 апреля 2010 г.

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

Издательский Дом Московского Физического общества

Редколлегия журнала «Физическое образование в вузах»

Совет журнала

- Крохин Олег Николаевич** — главный редактор, академик РАН, проф. НИЯУ МИФИ, руководитель отделения квантовой радиофизики ФИАН
- Гладун Анатолий Деомидович** — заместитель главного редактора, зав. каф. МФТИ (ГУ), проф.
- Николаев Владимир Иванович** — заместитель главного редактора, проф. МГУ им. М.В. Ломоносова, директор ЦПНПК при МГУ.
- Суханов Александр Дмитриевич** — заместитель главного редактора, проф. РУДН, генеральный директор Российского научного центра физического образования.
- Шапочкин Михаил Борисович** — заместитель главного редактора, председатель Правления МФО, проф.
- Колесников Юрий Леонидович** — проректор СПбГУ ИТМО, проф.
- Кудрявцев Николай Николаевич** — ректор МФТИ (ГУ), проф.
- Трухин Владимир Ильич** — декан физфака МГУ им. М.В. Ломоносова, проф.

Редакционная коллегия

Ответственный секретарь

- Калачев Николай Валентинович** — зам. ученого секретаря ФИАН, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана и Финакадемии
- Гороховатский Юрий Андреевич** — зав. каф. РГПУ им. А.И. Герцена, проф.
- Завестовская Ирина Николаевна** — зам. декана Спецфака МИФИ, доц.
- Калашников Николай Павлович** — зав. каф. общей физики НИЯУ МИФИ, проф.
- Лебедев Владимир Сергеевич** — зав. каф. МФТИ (ГУ), проф.
- Лебедев Юрий Анатольевич** — зам. Председателя Правления Объединённого физического общества РФ.
- Песоцкий Юрий Сергеевич** — ген. директор ООО «Марпут», проф.
- Пурышева Наталия Сергеевна** — зав. каф. МПГУ, проф.
- Салецкий Александр Михайлович** — зав. каф. МГУ им. М.В. Ломоносова, проф.
- Спирин Геннадий Георгиевич** — зав. каф. МАИ (ГТУ), проф.
- Рудой Юрий Григорьевич** — проф. РУДН.
- Чернышев Виктор Викторович** — зав. каф. ВА им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, проф.

Техническая редакция

- Березин Павел Дмитриевич** — руководитель РИИС ФИАН.
- Алексеева Татьяна Валерьевна** — инженер РИИС ФИАН.

32. Безрук М.Н., Р.В. Ромашко

ИАПУ ДВО РАН, г. Владивосток, ул. Радио 5, e-mail: rorovl@mail.ru

33. Гаврилов С.А., П.И. Рейнгардт-Никулин, А.В. Фещенко

МФТИ (базовая кафедра: ИЯИ РАН «Фундаментальные взаимодействия и космология») г. Долгопрудный, e-mail: s.gavrilov@gmail.com

34. Гурбатов С.О., О.Б. Витрик, Ю.Н. Кульчин

ИАПУ ДВО РАН, e-mail: gurbatov_slava@mail.ru

35. Дьячковский А.С., В.В. Фарапонов

Томский государственный университет
634050, Томск, пр. Ленина, 36, e-mail: Lex_okha@mail.ru, fff@ftf.tsu.ru

36. Киняевский И.О., Ю.М. Андреев*, А.А. Ионин, Ю.М. Климачёв, А.Ю. Козлов,

А.А. Котков, Г.В. Ланский*

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия
*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Россия, Томск

37. Наумов П.Г., Е.И. Демихов, И.С. Любутин, К.В. Фролов

ИКРАН, e-mail: naumov@lebedev.ru, demikhov@lebedev.ru

38. Неевина² Т.А., И.Н. Компанец¹

¹ Физический Институт им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН)
119991, Москва, Ленинский пр., 53, e-mail: kompan@sci.lebedev.ru
² НИЯУ «МИФИ», e-mail: neyevina@mail.ru

39. Пляшечник О.С., И.В. Кучеренко, Т.Н. Заварицкая, Н.Н. Мельник

ФИАН, e-mail: melnik@sci.lebedev.ru

40. Тиунов П.С., В.О. Гладышев

Кафедра «Физика», МГТУ им. Н.Э. Баумана, e-mail: pavel.tiunov@gmail.com

41. 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, e-mail: nastya708@yandex.ru

42. Швец П.В., Р.Р. Исмагилов, А.Н. Образцов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия, e-mail: shvets@polly.phys.msu.ru

43. Щербина В. В., Д.О. Анисимов, А.Ю. Печенкин, Шандаров С.М.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634050, г. Томск, пр. Ленина 40, e-mail: shand@ed.tusur.ru

КОНФЕРЕНЦИЯ-КОНКУРС МОЛОДЫХ ФИЗИКОВ

19 апреля 2010 г. Московское физическое общество, Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук и МГТУ им. Н.Э. Баумана проводят в Колонном зале Физического института конкурс-конференцию научных работ студентов, аспирантов и молодых специалистов (в возрасте до 26 лет) учебных и научно-исследовательских институтов по различным разделам физики.

В отборочный комитет конференции-конкурса поступили тезисы 43 докладов из 21 вуза и НИИ из 12 городов Российской Федерации и Франции. В итоговой сессии приняло участие более 50 конкурсантов, соавторов и руководителей конкурсных работ, и были представлены 12 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. *Грибков В.А.*, Президент Московского физического общества, профессор, д.ф.-м.н.
3. *Морозов А.Н.*, заведующий кафедрой физики МГТУ им. Н.Э. Баумана, профессор, д.ф.-м.н.
4. *Калачев Н.В.*, ученый секретарь конкурса, доцент кафедры физики МГТУ им. Н.Э. Баумана, ст.н.с. Отдела ученого секретаря ФИАН,
5. *Шапочкин М.Б.*, председатель Правления, Московского физического общества, профессор, д.ф.-м.н.

Конференция-конкурс проводится в двух секциях:

1. Фундаментальная физика (председатель В.А. Грибков).
2. Прикладная физика (председатель А.Н. Морозов).

10⁰⁰–11⁰⁰ – регистрация участников и вывешивание стендовых докладов.

11⁰⁰–13⁰⁰ – пленарное заседание секции «Фундаментальная физика» 6 докладов по 15 минут.

13⁰⁰–14⁰⁰ – кофе брейк и ознакомление со стендовыми докладами.

14⁰⁰–16⁰⁰ – пленарное заседание секции «Прикладная физика» 7 докладов по 15 минут.

16⁰⁰–17⁰⁰ – подведение итогов, вручение дипломов победителям.

По итогам конференции-конкурса предусмотрены премии:

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

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

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

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 твердую копию и, по желанию, электронную версию этого сборника.

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

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

Н.В. Калачев

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА

Устные доклады

АНИЗОТРОПИЯ МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЯ ГЕКСАБОРИДА ПРАЗЕОДИМА

Анисимов М.А., аспирант 3-его года Московского Физико-Технического Института, В.В. Глушков, к.ф.-м.н., доц., с.н.с, E-mail: anisimov.m.a@gmail.com, отдел физики низких температур и криогенной техники Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН

Гексаборид празеодима (PrB_6) вызывает значительный интерес у исследователей, демонстрируя сложный вид магнитной H - T фазовой диаграммы с двумя фазовыми переходами: в антиферромагнитную несоизмерную (АФМ НС) ($T < T_N \sim 6.7$ К) и АФМ соизмерную (С) фазы ($T < T_M \sim 4.6$ К). Для комплексного исследования H - T фазовой диаграммы PrB_6 в работе выполнен цикл измерений транспортных и тепловых свойств (удельное сопротивление, коэффициент Холла, термоэдс и теплоемкость) в широком интервале температур 2-300 К, в магнитном поле до 80 кЭ. Монокристаллы PrB_6 высокого качества были выращены методом вертикального бестигельного индукционного зонного плавления с переплавом в атмосфере аргона. Высокая точность стабилизации температуры ($\Delta T \sim 0.01 - 0.02$ К) и магнитного поля ($\Delta H/H \sim 2 \cdot 10^{-5}$ при $H = 80$ кЭ) достигалась благодаря использованию оригинального температурного контроллера на цифровых сигнальных процессорах (КРИОТЭЛ ТС1.5/300) в схеме с эталонным термометром сопротивления модели CERNOX-1050 и источника тока сверхпроводящего магнита (КРИОТЭЛ SMPS-120).

Выполненный цикл измерений теплоемкости и удельного сопротивления позволил впервые обнаружить новую магнитную фазу (т.н. спиновое стекло) в области температур выше $T_N < T < 20$ К. Переход в АФМ состояние PrB_6 сопровождается увеличением рассеяния вдоль направлений магнитного поля $\mathbf{H} \parallel \langle 110 \rangle$ и $\mathbf{H} \parallel \langle 111 \rangle$. Более того по аномальному росту значений $\Delta\rho(\phi_0, T_0, H)/c$ в узком интервале углов, соответствующим направлению $\mathbf{H} \parallel \langle 110 \rangle$, также впервые обнаружен фазовый переход в новую магнитную фазу АФМ2. В окрестности перехода в АФМ НС фазу при $T \sim T_M$ зафиксирован полевой гистерезис магнитосопротивления, знак и амплитуда которого зависят от ориентации магнитного поля. В работе также выполнена процедура разделения вкладов в магнитосопротивление. Анализ полученных данных $\Delta\rho(H)/\rho$ позволил сделать вывод о необходимости учета наряду с РККИ взаимодействием также взаимодействие локализованных магнитных моментов 4f-оболочки иона Pr^{3+} через локальную спиновую поляризацию 5d-состояний зоны проводимости.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИБРИДНОЙ ФЕМТОСЕКУНДНОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ АКТИВНОЙ СРЕДЫ ХеF(С–А) С ФОТОХИМИЧЕСКОЙ НАКАЧКОЙ

*Аристов А.И.*¹, Я.В. Грудцын¹, Н.Г. Иванов², О.Н. Крохин¹,
В.Ф. Лосев², С.Б. Мамаев¹, Г.А. Месяц¹, Л.Д. Михеев¹,
Ю.Н. Панченко², А.А. Растворцева¹, Н.А. Ратахин², М. Сентис³,
А.Н. Стародуб¹, В.И. Черемискин^{1,3}, О. Утеза³, В.И. Яловой¹

¹Лаборатория фотохимических процессов, Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН, Ленинский проспект 53, 119991 Москва, Россия, e-mail: andrey.aristov@gmail.com

²Институт сильноточной электроники, Сибирское отделение РАН, Академический проспект 2/3, 634055, Томск, Россия, e-mail: losev@ogl.hcei.tsc.ru

³Laboratoire Lasers, Plasmas et Procédés Photoniques (LP3), UMR 6182 CNRS – Université de la Méditerranée, C. 917, 163, Avenue de Luminy, 13288 Marseille cedex 9, France

В наиболее известных фемтосекундных лазерных комплексах сверхвысокой мощности используется активная среда на основе титан:сапфира и техника усиления чирпированных импульсов субнаносекундной длительности с последующим сжатием усиленного импульса. При сжатии импульсов с энергией в десятки джоулей используется громоздкий вакуумный компрессор на основе дорогостоящих дифракционных решеток.

Гибридная система использует газовый усилитель в качестве выходного каскада. Фемтосекундный импульс, предварительно усиленный в твердотельном комплексе, чирпируется до гораздо меньших длительностей, благодаря низкой нелинейности газа по сравнению с кристаллом, и может быть сжат за счет положительной дисперсии в стекле без необходимости вакуумных компрессоров.

Спектр усиления ХеF(С–А) лазера соответствует второй гармонике лазера на титан-сапфире. Экспериментальная установка состоит из 0.1-ТВт (5 мДж/50 фс \approx 10 Пц) титан-сапфирового генератора, удвоителя, отрицательного призмного стретчера и фотохимического усилителя с расчетной энергией 1-1.5 Дж. Первые эксперименты показали усиление на два порядка с энергией на выходе 0,5 Дж. В докладе обсуждаются особенности работы гибридного лазера и перспективы дальнейших исследований.

Литература

1. *Tcheremiskine V. et al*, Appl. Phys. B 91, 447-454 (2008).
2. *Аристов А. и др.*, Оптика атмосферы и океана, 22, № 11 (2009).

МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ НОМОГРАММ В УРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Аупов И.Р. – магистр,
Ю.П. Лисовец – к.ф.-м.н., доцент,
И.В. Лукьянов – к.м.н., доцент,
М.Н. Рычагов – д.ф.-м.н., профессор

МИЭТ и РМАПО, Москва, Зеленоград, корп. 840, кв. 172,
e-mail: iln.aupov@gmail.com

В настоящее время успех лечения урологических онкозаболеваний напрямую зависит от использования новейших физических методов исследования и современных технологий обработки информации. При этом важно, чтобы значительная часть интеллектуальной нагрузки по прогнозированию постоперационного течения болезни рассчитывалась с помощью математических моделей биологических нейронных сетей. Это позволит врачу-урологу учесть одновременно большое количество клинических параметров и с высокой достоверностью спрогнозировать послеоперационное развитие болезни.

Номограммы позволяют отобразить представление функции от нескольких переменных и исследовать ее функциональные зависимости, что очень удобно для анализа как физической, так и математической компоненты входных клинических параметров.

На базе клиники урологии и хирургической андрологии РМАПО собираются статистические сведения о пациентах, уже перенесших операцию и находящихся на стадии наблюдения появления послеоперационного рецидива. На основе собранных данных проходят исследования по нахождению эффективных значений функций, имея которые становится возможным найти промежуточные значения по методу Лагранжа, которые отображают весовую эффективность текущего параметра, по отношению к результирующему параметру номограммы. На первоначальной стадии возникает необходимость построить отображение множества исходных клинических данных на весовые классы, тем самым определить наиболее существенные данные, не забывая учесть влияние клинических параметров с небольшим весовым коэффициентом, и уменьшить количество входных параметров для нейронной системы путем корреляции по классам, что позволит уменьшить время обучения сети. Применение, так называемого, искусственного интеллекта позволяет с большей долей вероятности прогнозировать послеоперационное течение болезни, развитие осложнений, и принимать меры по их предупреждению.

Было обследовано 96 пациентов после радикальной позадилонной простатэктомии, полученные данные использовались для создания интеллектуальной

системы. У 16 мужчин (17%) был явный рецидив болезни. Медиана наблюдения у этих пациентов составляла 2,6 года. Показатели построенной номограммы составляли от 15% до 98% (в среднем 68%), что давало важную информацию по выбору метода лечения. Все это позволяет решить, необходима ли операция вообще, оправданны ли мучения пациента, если выживаемость после нее может даже уменьшиться.

ПОЛНОЕ НАДБАРЬЕРНОЕ ПРОХОЖДЕНИЕ БОЗЕ-КОНДЕНСАТОВ

Ишханян А.А. – студент, 4 курс,
В.П. Крайнов – д.ф.-м.н., профессор

Московский физико-технический институт, 141700 Долгопрудный,
e-mail: hishkhanyan@gmail.com

Надбарьерное отражение частиц является одним из базовых парадигм квантовой физики. Экспериментальная реализация Бозе-конденсации в холодных атомарных газах [1] стимулировала обновленный интерес к этому явлению, поскольку конденсаты предлагают иной тест основ квантовой механики благодаря своей нелинейной природе.

В настоящей работе, в приближении среднего поля Гросса-Питаевского [2], рассмотрено безотражательное (резонансное) прохождение атомов Бозе-конденсата над потенциалом Розена-Морзе, прямоугольным барьером, двумя прямоугольными ямами. Показано, что задачу можно переформулировать как квазилинейную задачу на собственные значения относительно глубины потенциальной ямы и расстояния между ямами в случае двух ям. Модифицируя подход теории возмущений Релея-Шредингера [3], получено выражение для нелинейного сдвига глубины ямы. Данная поправка задает очень хорошее приближение для всех порядков резонансов при условии, что параметр нелинейности мал по сравнению с химическим потенциалом (сдвиг положения первого резонанса для первых двух потенциалов изучалась в [4]). Показано, что в результате нелинейного сдвига резонансная высота барьера может стать положительной, то есть, в нелинейном случае полное прохождение возможно также для потенциальных барьеров.

Построено точное решение задачи для первого резонанса потенциала Розена-Морзе. Далее, изучая зависимость сдвига глубины ямы от волнового числа частицы для резонансов высоких порядков, показано, что в случае потенциала Розена-Морзе для фиксированного значения волнового числа k кривые зависимости нелинейного сдвига глубины ямы от примерно *эквидистантны*, в то время как в случае прямоугольного барьера эта зависимость *линейная*. В случае же двух *одинаковых* ям возможны две разные ситуации: если глубина отдельной ямы резонансна, то расстояние между ямами не играет роли (полное прохождение имеет место в любом случае), а

случае нерезонансных ям существует счетное множество эквидистантных расстояний между ямами, при которых атомы безотражательно проходят над всем двухямным барьером.

Литература

1. *Anderson M.H. et al.*, Science **269**, 198 (1995).
2. *Gross E.P.*, Nuovo Cimento **20**, 454 (1961); *L.P. Pitaevskii*, ZETF **40**, 646 (1961).
3. *Landau L.D. and Lifschitz E.M.*, *Quantum Mechanics*, (New York, Pergamon, 1977).
4. *Ishkhanyan H.A. and Krainov V.P.*, JETP **136**, 1 (2009); Phys. Rev. A **80**, 045601 (2009).

САМОПРОИЗВОЛЬНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ТОКА α -ЧАСТИЦ В ЗАМАГНИЧЕННОЙ ПЛАЗМЕ

Сорокина Е.А., В.И. Ильгисонис

Российский университет дружбы народов,
115563, Москва, Борисовский пр-д, 34, 105, e-mail: sorokina.ekaterina@gmail.com

В работе исследован нетривиальный физический эффект – самопроизвольная генерация тока ансамблем заряженных частиц замагниченной плазмы («bootstrap-effect»). Данный эффект связан со спонтанной анизотропизацией функции распределения заряженных частиц вследствие их движения в тороидально-винтовом магнитном поле, характерном для современных термоядерных систем, например, токамаков. Возникающий при этом ток потенциально может заменить известные дорогостоящие и энергоёмкие способы неиндукционного поддержания тока, необходимого для стационарной работы термоядерного реактора. Традиционный, основанный на так называемой «неоклассической теории переноса», метод нахождения плотности генерируемого тока неприменим в центральной области системы (вблизи магнитной оси). Предлагаемая постановка задачи и разработанный для её решения новый метод трёхмерного расчёта, позволяют рассчитать эффект бесстолкновительной генерации тока во всём объёме плазмы, в том числе, вблизи центра плазменного шнура.

В работе рассмотрена эволюция изотропного в пространстве скоростей распределения α -частиц при бесстолкновительном движении в магнитном поле токамака. Найдена максимально возможная величина плотности тока, возникающего из-за спонтанной анизотропизации данного ансамбля частиц. Показано, что плотность генерируемого тока не является функцией магнитной поверхности и сильно поляризована по полоидальному углу. Представлено распределение плотности тока в

полоидальном сечении токамака, а также зависимости плотности тока от ларморовского радиуса частиц на оси, от величины запаса устойчивости и аспектного отношения установки. Установлено, что в центре токамака при неоднородном в пространстве источнике α -частиц плотность тока не равна нулю и обусловлена асимметрией в пространстве скоростей областей, отвечающих топологически различным траекториям движения заряженных частиц вблизи магнитной оси. Найдена функциональная зависимость (скейлинг) плотности тока в центре токамака, отличная от известных аппроксимаций и чувствительная к пространственному распределению источника α -частиц.

ОСОБЕННОСТИ ДВУХЩЕЛЕВОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ В СОЕДИНЕНИИ FeSe

Шаныгина Т.Е. – студент,
С.А. Кузьмичёв – м.н.с.

МГУ им. М.В. Ломоносова, физический ф-т,
Москва, Ленинские горы, 119991, e-mail: vasil@mig.phys.msu.ru

Селенид железа относится к недавно открытому классу слоистых железосодержащих сверхпроводников [1]. Поверхность Ферми [2] состоит из электронных и дырочных квазидвумерных листов, на которых при переходе в сверхпроводящее состояние происходит организация двух конденсатов, а обнаруженный изотопический эффект по железу [3] указывает на фононный характер сверхпроводимости.

В наших исследованиях методом андреевской спектроскопии изучались поликристаллические образцы FeSe с критическими температурами $T_c = 11 \pm 2$ К, любезно предоставленные нам Т. Вольфом; **SnS**-контакты (сверхпроводник – нормальный металл – сверхпроводник) в образцах создавались с помощью техники «break-junction». По нашим данным [4] в FeSe реализуется двухщелевая сверхпроводимость: на характеристиках более 30 **SnS**-контактов мы наблюдали две воспроизводящиеся субгармонические щелевые структуры и определили энергии двух щелей: $\Delta_L = 3,5 \pm 0,5$ мэВ, $\Delta_S = 1 \pm 0,2$ мэВ (при локальной T_c контакта, равной 13 К).

Температурные зависимости щелей в FeSe сильно отклоняются от БКШ-типа. Малая щель при собственной $T_c^* \cong 1/3$ ч $1/2$ общей T_c начинает закрываться, но не обращается в ноль вплоть до общей T_c контакта, а значение отношения $2\Delta_S/kT_c \cong 1,7 < 3,52$, что указывает на наведённый характер сверхпроводимости в этой зоне. На месте закрытия малой щели функция $\Delta_L(T)$ проходит ниже БКШ-зависимости, т.к. из-за межзонного взаимодействия общая T_c несколько понижается. Значение $2\Delta_L/kT_c \cong 5,8$, что указывает на схожесть сверхпроводящих свойств FeSe и MgB_2 [5].

Литература

1. Kamihara Y. et al., J. Am. Chem. Soc., **130**, 3296 (2008).
2. A. Subedi et. al., Phys. Rev. B, **78**, 134514 (2008).
3. Liu R.H. et al., arXiv.org:0810.2694 (2008).
4. Кузьмичёв С.А., Шаныгина Т.Е., Сборник аннотаций работ 7-й Курчатовской молодёжной научной школы, 313 (2009).
5. Пономарев Я.Г., Кузьмичёв С.А. и др., Письма в ЖЭТФ **79**, 597 (2004).

Стендовые доклады

ЭКСПЕРИМЕНТ КАК ОСНОВА ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ-2010 ПО ФИЗИКЕ

Атаманская М.С.

РО ИПК и ПРО, Ростов-на-Дону, e-mail: avi557@ya.ru

С 2002 г. Ростовская область участвует в федеральном эксперименте по внедрению ЕГЭ по физике. Опыт проведения экзамена свидетельствует, что наилучших результатов достигают учащиеся лицеев и гимназий. Одним из наиболее успешных учебных заведений по подготовке к ЕГЭ по физике является физико-математический лицей № 33 г. Ростова-на-Дону, учащиеся которого А. Распопов и Г. Прохоров в 2008 г. получили наивысший балл ЕГЭ — 100. Этих учащихся подготовила заслуженный учитель России, победитель ПНПО-2006 А.А. Тимченко. Кафедрой математики и естественных дисциплин РО ИПК и ПРО был изучен, обобщен и описан опыт достижения высокого качества физического образования на основе модульной технологии. Изучение физики на основе этой технологии реализуется с использованием современных интерактивных средств обучения, а также физического оборудования нового поколения «L-micro». Это оборудование позволяет выполнять учебно-исследовательскую деятельность как индивидуально, так и в группе, а также осуществлять эффективную подготовку к ЕГЭ. Предлагаем читателям познакомиться с авторской модульной технологией подготовки к ЕГЭ. Авторская модульная технология в работе с «L-micro»:

Итак. Создание проблемной ситуации с помощью фотографии эксперимента:

* прочтение текста, получение представления об отрабатываемом элементе учебной программы;

* знакомство с оборудованием;

* самостоятельное моделирование установки для проведения эксперимента.

II этап. Обсуждение поставленных проблем с разных точек зрения:

* поиск связей между элементами объекта;

* выдвижение гипотез;

* план проверки гипотезы.

III этап. Планирование исследовательской деятельности с применением интерактивных средств.

* подключение установки к компьютерному измерительному блоку;

* включение программы «L-misro»;

* выбор раздела, темы эксперимента;

* выбор режима настройки;

* проведение измерений.

IV этап. Активный поиск новых способов решения поставленных проблем:

* внесение изменений в эксперимент;

* постановка эксперимента;

* высказывание собственного обоснованного суждения.

V этап. Логическая и эмоционально-образная оценка результатов, интерпретация результатов.

VI этап. Оценка достоверности полученных выводов, их применение на практике.

Приобретённый опыт в работе с «L-misro» ученики используют при выполнении контрольно-измерительных материалов ЕГЭ, что является необходимым условием эффективной подготовки и достижения высоких результатов. Учащиеся успешнее справляются с заданиями, в которых информация представлена различными способами: графиками, схемами, фотографиями реальных экспериментов.

ВОЗМОЖНАЯ РОЛЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛАЗМОНОВ ПРИ АНОМАЛЬНОМ ПРОХОЖДЕНИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ЧЕРЕЗ МЕТАЛЛИЧЕСКУЮ ПЛЕНКУ С СУБВОЛНОВЫМИ ЩЕЛЯМИ

Бабичева В.Е.¹, Ю.Е. Лозовик^{1,2}

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

²Институт спектроскопии РАН, ул. Физическая, д. 5, Троицк

С помощью численного моделирования исследован эффект аномально большого прохождения электромагнитной волны через массив субволновых щелей в металлической пленке [1, 2]. Проанализированы возможные механизмы, ответственные

за аномальное прохождение и изучена роль поверхностных плазмонов. Характерной особенностью аномального прохождения является обращение в ноль коэффициента прохождения для длин волн близких к периоду структуры. Наш аналитический расчет показывает, что в случае идеально проводящего металла это обращение в ноль происходит при длине волны строго равной периоду структуры, а для реального металла сдвигается в сторону больших длин волн при введении импедансных граничных условий. Это подтверждается результатами численного моделирования. Таким образом, можно с высокой степенью уверенности это обращение в ноль коэффициента прохождения связать с наличием плазмонных резонансов и утверждать, что возбуждение поверхностных плазмонов играет отрицательную роль в прохождении. Скорее всего, проходящая собственная мода в щели является возбуждением плазмонного поляритона, локализованного на вертикальных стенках щели (для реального металла волновое число проходящей собственной моды в щели комплексное, что приводит к затуханию моды при больших толщинах пленки). Сравнение результатов численного моделирования и аналитических расчетов для рассмотренных структур не выявило значительного влияния эванесцентных полей, которыми могло бы осуществляться непосредственное связывание плазмонных поляритонов на верхней и нижней границах пленки. Связывание поверхностных плазмонных поляритонов с проходящей собственной модой в щели приводит к равенству нулю коэффициента прохождения на определенной длине волны, то есть играет отрицательную роль в явлении аномального прохождения.

Литература

1. *Ebbesen T.W., Lezec H.J., Ghaemi H.F., Thio T., Wolff P.A.* Extraordinary optical transmission through sub-wavelength hole arrays // *Nature*. – 1998. – V. 391. – P. 667-669.
2. *Porto J. A., Garcia-Vidal F.J., Pendry J.B.* Transmission resonances on metallic gratings with very narrow slits // *Phys. Rev. Lett.* – 1999. – V. 83. – P. 2845-2847.

ПРИБЛИЖЕННОЕ РАСШИРЕНИЕ ЛОРЕНЦЕВОЙ СИММЕТРИИ ДО КОНФОРМНОЙ ДЛЯ МАССИВНЫХ ЧАСТИЦ В ПРЕДЕЛЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ. СВЯЗЬ С ПРОБЛЕМОЙ ГРЕЙЗЕНА–ЗАЦЕПИНА–КУЗЬМИНА

Вернигора И.А., Рудой Ю.Г., Рыбаков Ю.П.

Российский университет дружбы народов,
117198 Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6; e-mail: wenera83@mail.ru

В ряде физических проблем с участием массивных частиц – например, в проблеме наличия или отсутствия обрезания спектра энергий протонной компоненты космических лучей (т.н. проблеме Грейзена–Зацепина–Кузьмина (ГЗК) [1,2]) оказывается, что обычная релятивистская кинематика, использующая инвариант группы P_{10} Лоренца–Пуанкаре $I_L(P, E_0) = P^2$, где $P^2 = (P, P) = E^2 - p^2 = E_0^2 > 0$, недостаточна для объяснения нарушения «предела ГЗК» (например, по данным 2008 года установки «Пьер Оже» в Аргентине). Это означает, что инвариант $I_L(P, E_0)$ при достаточно высоких значениях лоренц-фактора $\gamma = E/E_0 = (1 - v^2)^{-1/2} \geq 1$ с $v = p/Ed \leq 1$, следует модифицировать, что было впервые предложено Киржницем и Чечиным [3]. Однако в [3] речь шла о *нарушении* лоренц-инвариантности, тогда как, на наш взгляд, следует рассматривать *расширение* лоренц-инвариантности до конформной инвариантности.

Эта физическая идея основана на сближении законов дисперсии частиц с $E_0 > 0$ и $E_0 = 0$ (за счет уменьшения параметра $\xi = E_0/p$ с ростом импульса p), хотя какие-либо выделенные значения E и/или p , а также априорные ограничения на них отсутствуют. В работе предложено заменить $I_L(P, E_0)$ инвариантом $I_C(P) = C(P; Z; \lambda) I_L(P, 0)$ конформной группы C_{15} , где $C(P; Z; \lambda) = [1 - \Theta(P^2)(Z, P)]^{-2}$, $\Theta(P^2)$ – односторонний разрывный множитель Хевисайда. Предложен [4] специальный выбор вектора $Z = z(\epsilon, \epsilon^*)P$, в котором множитель $z(\epsilon, \epsilon^*)$ «сглаживает» разрывный множитель $\Theta(P^2)$ и вводит энергетический масштаб $E^* = E_0/\epsilon^*$, $\epsilon^* = 1/\gamma^*$, где $\epsilon = \xi(1 + \xi^2)^{1/2}$, причем $\epsilon^* \ll \epsilon \ll 1$.

Литература

1. Greisen K. 1966 Phys. Rev. Lett. 16 748.
2. Зацепин Г.Т., Кузьмин В.А. 1966 Письма в ЖЭТФ 4 114.
3. Киржниц Д.А., Чечин В.А. 1972 Ядерная физика 15 1051.
4. Рудой Ю.Г., Вернигора И.А. // Тезисы докладов Всероссийской конференции НЕА-09 «Астрофизика высоких энергий» (ИКИ РАН, Москва, 24-27 декабря 2009). Стр.14,46.

БИФУРКАЦИИ УДАРНЫХ ВОЛН В КОЛЕБАТЕЛЬНО-ВОЗБУЖДЁННОМ ГАЗЕ С ВНЕШНИМ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ

^{1,2}Р.Н. Галимов – аспирант первого года обучения СГАУ, работа выполнена в теоретическом секторе СФ ФИАН), Н.Е. Молевич – д.ф.-м.н., проф, зав. сек. СФ ФИАН

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

²Самарский филиал Учреждения Российской академии наук Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, 443011 Самара, ул. Новосадовая, 221; e-mail: molevich@fian.smr.ru

Акустика термодинамически неравновесных сред существенно отличается от акустики равновесных сред. В подобных средах возможна инверсия коэффициентов объёмной вязкости и дисперсии, а также наличие сложной зависимости низкочастотного коэффициента гидродинамической нелинейности от степени неравновесности среды. Среды с отрицательной вязкостью являются акустически активными. Эти новые акустические свойства необходимо учитывать при рассмотрении газодинамических явлений [1]. В настоящей работе рассмотрены профили ударных волн произвольной амплитуды в колебательно-возбуждённом газе с внешним источником колебательной энергии. Построена бифуркационная диаграмма на плоскости параметров скорость ударной волны – степень неравновесности газа [2]. Определены в аналитическом виде границы, делящие плоскость параметров на три области. В первой области ударные волны имеют типичную структуру: давление плавно возрастает за фронтом. Во второй области в ударных волнах давление плавно убывает за фронтом. В третьей области ударные волны эволюционно неустойчивы. Показано, что в зависимости от степени неравновесности среды эволюция ударной волны в этой области приводит к распаду неустойчивой волны, с образованием периодической последовательности уединённых автоволновых импульсов или автоволн с ненулевой асимптотикой.

Работа частично поддержана аналитической целевой программой «Развитие научного потенциала высшей школы» (2009–2010 гг.), проект 2.1.1/309, Федеральной целевой программой «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, НК-410П (10), НК-422П (22), НК-469П, фондом некоммерческих программ «Династия» и НОЦ 14.

Литература

1. Galimov R.N., Molevich N.E. Journal of Acoustical Society of America, Vol. 123, №5, Pt. 2, 2008, P. 3692.
2. Галимов Р.Н., Молевич Н.Е. Известия РАН МЖГ, 2009, №1, С. 187-201.

ВНУТРЕННЯЯ И ВНЕШНЯЯ ИОНИЗАЦИЯ АТОМАРНЫХ КЛАСТЕРОВ СИЛЬНЫМ АТТОСЕКУНДНЫМ ИМПУЛЬСОМ

Гец А.В.¹, В.П. Крайнов

Московский физико-технический институт (Государственный университет)
141700, Московская обл., г. Долгопрудный,
¹e-mail: agets@inbox.ru

Взаимодействие интенсивных коротких лазерных импульсов с атомарными кластерами является важным направлением исследований в области лазерной плазмы. Эксперименты показывают, что облучение ван-дер-ваальсовых кластеров может приводить к образованию высокоэнергетичных электронов и ионов, а также интенсивного рентгеновского излучения. Достижения последних лет в генерации сверхкоротких импульсов делают возможным изучение процессов в атомарных кластерах на аттосекундных временных интервалах.

Настоящая работа представляет собой теоретическое исследование процессов внутренней и внешней ионизации больших атомарных кластеров сильным аттосекундным импульсом. Предложены простые выражения для вероятности и дифференциального сечения внутренней ионизации кластера. Только малая доля атомов внутри кластеров инертных газов однократно ионизируется в течение аттосекундного импульса.

Также рассмотрена внешняя ионизация кластеров полем аттосекундного импульса. Заряд ионизованного кластера после окончания импульса существенно зависит от размера кластера. Все свободные электроны, образовавшиеся вследствие внутренней ионизации, покидают кластер. Расширения кластера за время действия аттосекундного импульса не происходит.

Показано что динамика ксеноновых кластеров в поле аттосекундного импульса мягкого рентгеновского излучения существенно отличается от эволюции аргоновых и криптоновых кластеров. Гигантский резонанс в атомах ксенона, связанный с колебаниями $4d$ -оболочки, приводит к резкому росту выхода многозарядных ионов, а также сечения рассеяния излучения на кластере. При этом мощность рассеянного кластером излучения в отличие от газа оказывается пропорциональна второй степени концентрации.

Можно сделать вывод о существенном различии действия на кластерные мишени фемто- и аттосекундных лазерных импульсов.

АВТОВОЛНЫ В МЕЖЗВЕЗДНОЙ СРЕДЕ

Завершинский Д.И.^{1,2} – студент 4 курса СГАУ, работа выполнена в теоретическом секторе СФ ФИАН), e-mail: dimanzav@mail.ru
Н.Е. Молевич – д.ф.-м.н., проф, зав. сек. СФ ФИАН,
e-mail: molevich@fian.smr.ru

¹Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П.Королева (национальный исследовательский университет),
443086 Самара, Московское шоссе, 34

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

Существует три типа тепловой неустойчивости тепловыделяющего однородного газа: изохорическая, изобарическая и изоэнтропическая (акустическая). Практическую важность для межзвёздной среды играют изобарическая неустойчивость, приводящая к тепловым конденсациям с образованием плотных холодных облаков и горячего разреженного газа, и изоэнтропическая неустойчивость, приводящая к усилению акустических возмущений.

В [1] было показано, что в межзвёздной среде существуют условия когда среда изобарически устойчива, но не устойчива изоэнтропически. Примером такой среды, является среда вокруг молодой звезды, состоящая из молекулярного водорода с пассивной примесью пыли и молекул CO. Ультрафиолетовое излучение звезды поглощается пылинками и переизлучается в инфракрасном диапазоне. Смесь водорода и CO нагревается за счет столкновений молекул с пылинками и охлаждается путем высвечивания в линиях окиси углерода.

В настоящей работе получены следующие основные результаты.

1. Показано, что условие изоэнтропической неустойчивости совпадает с условием наличия в тепловыделяющей среде отрицательной второй (объёмной) вязкости [2].

2. Получено нелинейное акустическое уравнение, описывающее эволюцию возмущения малой амплитуды произвольного спектра в тепловыделяющей среде. Стационарные решения этого уравнения исследованы аналитически. Получены в аналитическом виде условия неустойчивости ударной волны и условие существования автоволны импульсного типа в среде с отрицательной вязкостью.

3. С помощью численного моделирования одномерной системы уравнений газодинамики с учетом нагрева и охлаждения межзвёздной среды по модели [1] показан распад неустойчивой ударной волны на последовательность автоволновых импульсов с разрывными фронтами. Тот же результат получен при численном решении нелинейного акустического уравнения. Эволюция локализованного

импульса в условиях изоэнтропической неустойчивости также приводила к формированию импульсов автоволновой формы.

Таким образом, в изоэнтропически неустойчивой межзвёздной среде одиночное возмущение сжатия может привести к образованию серии последовательных ударных фронтов, что подтверждает гипотезу, высказанную в [3].

Работа частично поддержана аналитической целевой программой «Развитие научного потенциала высшей школы» (2009–2010 гг.), проект 2.1.1/309, Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы, НК-410П (10), НК-422П (22) и НК-469П.

Литература

1. *Oppenheimer M.* Astrophys. J. 1977. V. 211. 400-403.
2. *Молевич Н.Е., Ораевский А.Н.* ЖЭТФ. 1988. Т. 94. №3. С. 128-132.
3. *Краснобаев К.В., Сысоев Н.Е., Тарев В.Ю.* – в сб. Ядерная физика, физика космических излучений и астрономия. М.: МГУ-1993. 243 с.

МЕТОД ГОДУНОВА ВЫСОКОГО ПОРЯДКА АППРОКСИМАЦИИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УДАРНО-ВОЛНОВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ЧЕРЕЗ ИНТЕРНЕТ

Захаренков А.С., Поварницын М.Е.

Объединенный институт высоких температур РАН
Московская обл., г. Долгопрудный, ул. Первомайская, д. 30, корп. 1,
e-mail: strider@ihed.ras.ru

Мы представляем гидродинамический код, реализующий метод Годунова в лагранжевых координатах с кусочно-параболической пространственной интерполяцией [1]. Эта численная схема имеет 3-й порядок аппроксимации по пространству и 2-й порядок по времени. При компьютерном моделировании решается система уравнений идеальной жидкости, представляющих собой законы сохранения массы, импульса и энергии. Система замыкается с помощью широкодиапазонных многофазных уравнений состояния. Для моделирования разрушения вещества используется простой критерий, определяемый фиксированной (для конкретного вещества) пороговой величиной отрицательного давления, при которой наступает разрушение. Данный гидродинамический код доступен через веб-интерфейс по адресу в Интернете [2]. В работе иллюстрируется применение программы для

моделирования некоторых ударно-волновых экспериментов. Произведено моделирование и проведен анализ экспериментов по измерению электропроводности ударно-сжатых легких металлов (калия, кальция), опубликованных в [3].

Литература

1. Colella P., Woodward P.R. // J. Comput. Phys. 1984 V. 54 P. 174.
2. <http://ihed.ras.ru/rusbank/gassim>.
3. Шахрай Д.В., Постнов В.И. и др. // В трудах конференции: «Воздействие интенсивных потоков энергии на вещество – 2005», ИПХФ РАН, Черногловка, 2005, С. 86-88.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ГЕНЕРАЦИИ ПОЛЯРИТОННЫХ МОД В ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ ДЛЯ БОЗЕ-КОНДЕНСАЦИИ ДИПОЛЯРНЫХ ЭКСИТОНОВ

Калинин П.А., м. н. с.,

Институт прикладной физики РАН,
Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46, (831)416-46-48, petr@kalinin.nnov.ru

Вл.В. Кочаровский, зав. сект. ИПФ РАН

В последнее время активно экспериментально исследуется [1] возможность бозе-конденсации диполярных экситонов в специальных ловушках в гетероструктурах с квантовыми ямами. Ряд наблюдаемых свойств (когерентность, линейная поляризация и двухфотонные корреляции) рекомбинационного излучения экситонов из гетероструктуры свидетельствует о стимулированных процессах в ловушке.

Согласно [2], используемые в экспериментах ловушки являются неплохими резонаторами: в них существуют высокочастотные поляритонные моды — самосогласованные колебания поляризации экситонов и электромагнитного поля. В условиях постоянной оптической накачки такие моды могут эффективно возбуждаться и приводить к лазерной генерации, отвечая за наблюдаемые в экспериментах эффекты.

В настоящей работе разработана модель указанной лазерной генерации. Численно и аналитически исследован спектр поляритонных мод с учетом радиационных потерь поля и конечного времени жизни поляризации экситонов. Установлено, что подобные моды могут становиться неустойчивыми при

экспериментально достижимых величинах мощности потерь из ловушки, плотности экситонов и времени релаксации их поляризации. Найдены оптимальные условия и порог этой неустойчивости.

Выяснены требования к постоянной нерезонансной оптической накачке, которые обеспечивают доставку новых экситонов в конденсат и сужение спектра надконденсатных экситонов, необходимые для лазерной генерации поляритонных мод. Различные режимы генерации исследованы в рамках оригинальной модели, учитывающей нелинейные эффекты насыщения и взаимодействия этих мод.

Полученные результаты показывают, что свойства наблюдаемого излучения из ловушки могут быть обусловлены поляритонными модами. Более того, представляется возможным использование лазерной генерации для диагностики процессов, протекающих в ловушке. Подобная система представляет интерес и как пример лазеров класса D, нелинейная динамика которых остается еще мало исследованной.

Литература

1. Горбунов А.В., Тимофеев В.Б., Письма в ЖЭТФ, **84** (6); **86** (1); **87** (12); **90** (2).
2. Калинин П.А., Кочаровский В.В., Кочаровский Вл.В., Квантовая электроника, **39**, 11 (2009).

О ПЕРЕХОДЕ К ХАОСУ В ШИРОКОАПЕРТУРНОМ ЛАЗЕРЕ С ОТСТРОЙКОЙ ЧАСТОТЫ

Кренц А.А., Молевич Н.Е. д. ф.-м. н., профессор

Самарский государственный аэрокосмический университет (443086 Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34), Самарский филиал Учреждения Российской академии наук Физического института им. П.Н. Лебедева РАН
Россия, г. Самара, ул. Ново-Садовая, 221)
Адрес: г. Самара, Московское шоссе 32-а, к. 721. Тел.: 8-927-786-31-43,
E-mail: krenz86@mail.ru

В данной работе с помощью системы уравнений Максвелла-Блоха с адиабатически исключенной поляризацией моделируется динамика широкоапертурного лазера с отстройкой частоты генерации. Показано, что в исследуемой модели переход к хаотическому режиму, при изменении скорости распространения волны поперек апертуры, осуществляется через бифуркации удвоения эргодического двумерного тора. Найден спектр ляпуновских характеристических показателей. Два из пяти показателей оказываются равными нулю, но в точках бифуркации нулю становятся равными сразу три показателя, что соответствует

рождению структурно-неустойчивого трехмерного тора в точке бифуркации, который далее порождает устойчивый удвоенный эргодический тор. В спектре присутствуют две частоты, одна из которых претерпевает бифуркации удвоения, а другая нет, т.е. в результате бифуркаций удвоения в спектре появляются субгармоники одной из частот, а также их линейные комбинации. В результате каскада бифуркаций удвоения тора спектр колебаний становится сплошным, а один из показателей Ляпунова становится положительным, что соответствует переходу к хаотическому режиму колебаний. Построены фазовые портреты и фазопараметрическая диаграмма характерная для систем с каскадом удвоений периодов, приводящим к хаосу. Двухчастотный режим колебаний дает поправку к частоте генерации, найдено аналитическое значение этой поправки.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, НК-387 (23), аналитической целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы» (2009-2010 гг.), проект 2.1.1/309, НОЦ 14.

СКАНИРУЮЩИЙ ЗОНД НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА ФАБРИ-ПЕРО ДЛЯ СИСТЕМ БЛИЖНЕПОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ

Кучмижак А.А., аспирант, м.н.с. ИАПУ ДВО РАН

Витрик О.Б., д.ф.-м.н., проф., г.н.с.

ИАПУ ДВО РАН (руководитель)

Кульчин Ю.Н., член-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф., директор ИАПУ ДВО РАН (соавтор)

В настоящей исследована возможность создания нового вида интерферометрического апертурного зонда для систем ближнепольной оптической микроскопии с применением волоконного микрорезонатора Фабри-Перо с наноразмерной диафрагмой, сформированной в одном из его выходных зеркал. Для проверки данного предположения использовался метод конечных разностей во временной области решения уравнений Максвелла. Рис. 1(а) демонстрирует результаты численных расчетов стационарного распределения компоненты E_z электрического поля в системе зонд-объект, полученные при диаметре диафрагмы $D=\lambda/3$, длине резонатора $L=20\lambda$. На рис. 1(б) представлена зависимость относительного сдвига резонансной длины волны ϵ от относительного изменения расстояния h/l для диафрагм различного диаметра.

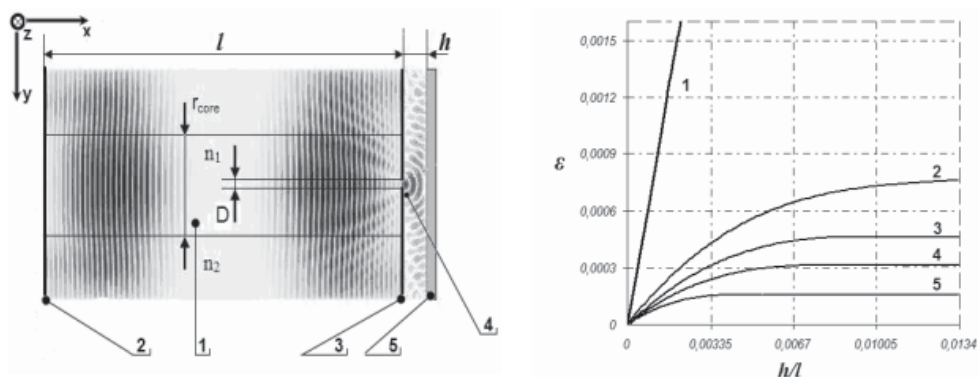


Рис.1. а) Волоконный резонатор с наноразмерной диафрагмой: 1 - волоконный световод, 2,3 - зеркала резонатора, 4 - выходная апертура, 5 - исследуемый объект (местоположение пучностей электрического поля показано в виде изолиний), б) зависимость ε от h/l (кривая 1 получена при диаметре диафрагмы $D=5\lambda$, кривая 2 – при $D= \lambda/2$, кривая 3 – при $D= \lambda/3$, кривая 4 – при $D= \lambda/8$, кривая 5 – при $D= \lambda/15$).

Согласно численным оценкам минимальное пространственное разрешение предлагаемого метода, определяемое полушириной резонансных пиков, не хуже $\lambda/15$ и может быть увеличено за счет оптимизации параметров интерферометра Фабри-Перо.

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ И РАСПАД ТОНКОГО СЛОЯ ФЕРРОЖИДКОСТИ ВО ВНЕШНЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Мкртчян Л.С., аспирант 1 года обучения, А.Р. Закинян, аспирант 3 года обучения,

Ю.И. Диканский, доктор физ.-мат. наук, профессор

Ставропольский государственный университет, г. Ставрополь ул. Пушкина 1. тел.: (8652)353348, e-mail: mkrt-levon@yandex.ru

Феррожидкость представляет собой ультрадисперсный коллоидный раствор ферро- или ферромагнитных наночастиц в немагнитной жидкой среде. Широкий интерес исследователей привлекает явление неустойчивости свободной поверхности феррожидкости во внешнем магнитном поле. В настоящее время имеется достаточно большое число работ, посвященных изучению неустойчивости полубесконечного слоя феррожидкости в перпендикулярном магнитном поле. В данной работе исследована неустойчивость слоя феррожидкости в магнитном поле, направленном под произвольным углом к поверхности слоя, а также впервые показано влияние толщины слоя на характер развития такой неустойчивости.

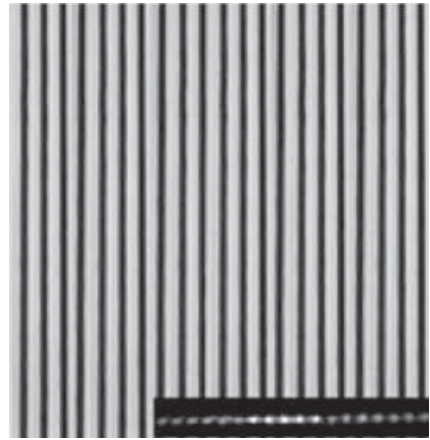
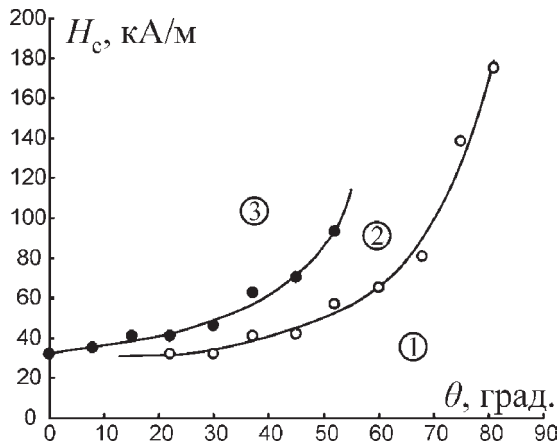


Рис. 1. Зависимость критической напряженности магнитного поля от угла между направлением поля и нормалью к плоскости слоя. 1 – область устойчивости; 2 – область полосовой неустойчивости; 3 – область пиковой неустойчивости.

Рис. 2. Структура слоя при полосовой неустойчивости и дифракция света на ней.

Было обнаружено, что при достижении величины напряженности внешнего магнитного поля некоторого критического значения, на поверхности слоя возникает структура из параллельных полос. При дальнейшем увеличении напряженности поля до следующего критического значения, полосы распадаются на отдельные конические пики, и полосовая структура слоя переходит в гексагональную систему пиков. Было обнаружено, что величины критических полей зависят от угла между направлением поля и плоскостью слоя (рис. 1), а также от толщины слоя. С увеличением толщины слоя критические значения поля при тех же значениях угла уменьшаются. При резком же включении магнитного поля, величина которого превышает первое критическое значение, развитие неустойчивости практически сразу приводит к распаду слоя на множество равноотстоящих друг от друга параллельных полос (рис. 2).

АДВЕКТИВНЫЙ ФАКТОР В СОЛНЕЧНОМ ДИНАМО

Попова Е.П. аспирант, Д.Д. Соколов

Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова Ленинские горы,
д. 1, стр. 2, 939-13-51, d_sokoloff@hotmail.com

Влиянию солнечной активности подвержены процессы, происходящие на Земле, поэтому исследование Солнца является актуальной задачей. Циклическую солнечную активность принято связывать с механизмом динамо (Паркер, 1955).

Простейшие модели динамо предсказывают величину цикла 2-3 года, в то время как она составляет 11 лет. В работе рассматривается подход, позволяющий преодолеть эту трудность.

На основании учета меридионального движения вещества в модели динамо удалось продемонстрировать, что существует согласующийся с наблюдениями диапазон значений меридиональной циркуляции, при котором модель дает 11-летний цикл [1]. В работе обсуждается возможность перехода к режиму глобальных минимумов солнечной активности (аналогичных минимуму Маундера) на основании действия меридиональной циркуляции. Показано, в каких случаях меридиональная циркуляция приводит к существованию падающей на полюс и отраженной от него динамо-волн, а в каких приводит к суперпозиции стоячих динамо-волн, построено распределение спиральности в конвективной зоне Солнца [2]. Полученные результаты согласуются с наблюдательными данными. На основании решения простейшей нелинейной модели динамо было показано, что при учете меридиональных потоков на баттерфляй-диаграммах для полоидального магнитного поля появляются характерные шахматные структуры, аналогичные построенным по наблюдениям. Если допустить существование умеренной меридиональной циркуляции, направленной против распространения волны активности, то она не только помогает удлинить цикл, но и делает шахматную структуру гораздо более заметной.

Таким образом, учет меридиональной циркуляции в однослойной и двухслойной модели динамо позволяет получить результаты, согласующиеся с наблюдательными данными не только для длительности цикла, но и с рядом других наблюдательных эффектов, для которых связь с адвективным фактором не столь очевидна.

Работа поддержана проектами РФФИ 09-02-01010 и 07-02-00127.

Литература

1. *Попова Е.П.* Влияние различных видов меридиональной циркуляции в Солнце на распространение динамо-волн // *Астрономический журнал*. 2009. No. 9. С. 928-934.
2. *Шу Хайчин, Гао Ю, Попова Е.П., Нефедов С.Н., Жанг Хуанч Жи, Соколов Д.Д.* Магнитная и токовая спиральности в простейших моделях солнечного динамо // *А. Ж.* 2008. No. 2. С. 1-6.

ТЕОРЕМА ВИРИАЛА ДЛЯ СОСТАВНЫХ СИСТЕМ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Руцкая А.М. - асп, асс. anna8502@mail.ru

Еркович О. С., к.ф.-м.н., доцент

каф. «Физика» МГТУ им. Н.Э.Баумана

Настоящая работа посвящена исследованию масштабных соотношений, возникающих в системах, включающих частицы двух видов, а также в системах заряженных частиц, находящихся в электростатическом поле, созданном распределенным внешним зарядом.

Рассмотрим квантовомеханическую систему, состоящую из двух подсистем, частицы которых, взаимодействующие между собой посредством кулоновских сил. Гамильтониан системы имеет вид $H=T_1+T_2+V_1+V_2+W$, где T_1 и T_2 вклад кинетической энергии частиц подсистемы 1 и 2, V_1 и V_2 - вклад потенциальной энергии взаимодействия частиц подсистемы 1 и 2 соответственно, W - вклад потенциальной энергии взаимодействия между подсистемами. Для исследования свойств системы осуществим масштабное преобразование $r=\gamma R$. Для функционалов $T_1[n_m]$, $T_2[n_m]$, $V_1[n_m]$, $V_2[n_m]$ и $W[n_m]$ существуют масштабные соотношения: $T_1[n_{m\gamma}]=\gamma^2 T_1[n_m]$, $T_2[n_{m\gamma}]=\gamma^2 T_2[n_m]$, $V_1[n_{m\gamma}]=\gamma V_1[n_m]$, $V_2[n_{m\gamma}]=\gamma V_2[n_m]$, $W[n_{m\gamma}]=\gamma W[n_m]$. Используя принцип Рэлея-Ритца, получим соотношение, называемое теоремой вириала:

$$2(T_1[n_m]+T_2[n_m])=-(V_1[n_m]+V_2[n_m]+W[n_m]).$$

Легко заметить, что широко используемые результаты, представленные в классических монографиях [1-3], распространяющие теорему вириала в виде: $2T_1[n_m]=-(V_1[n_m]+W[n_m])$, доказанную для многоэлектронных атомов, на произвольные системы заряженных частиц, оказываются некорректными и требующими уточнения.

Литература

1. Марч Н., Кон., Вашишта П., Лундквист С., Уильямс А., Барт У., Лэнг Н. Теория неоднородного электронного газа: Пер. с англ./Под ред. С. Лундквиста и Н. Марча. – М.: Мир, 1987. – 400 с.
2. Parr R.G., Weitao Yang. Density-functional theory of atoms and molecules. – Oxford University Press – 1989.
3. Dreizler R.M., Gross E.K.U. Density Functional Theory. Berlin: Springer-Verlag. 1990. 303 p.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ DELPHI7 ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ТЕЛ ПО БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ ТРАЕКТОРИИ

Савкина Н.В., В.В. Фарапонов

Томский государственный университет
634050, Томск, пр. Ленина, 36
тел. (3822)529621, E-mail: pantera256@mail.ru, fff@ftf.tsu.ru

В настоящей работе представлен комплекс программ расчета параметров траекторий осесимметричных тел (артиллерийского и неуправляемого реактивного снарядов) в рамках математической модели движения осесимметричного тела в воздухе [1]. Представленный комплекс позволяет производить расчет параметров траектории реактивных неуправляемых снарядов, тел с оперением и стабилизируемых вращением при их движении с начальным углом наклона траектории от 0 до 90 градусов. Важнейшей характеристикой разрабатываемой программы является удобство ее пользовательского интерфейса, наличие и доступность необходимых элементов управления. Комплекс программ содержит в себе пять независимых приложений.

При расчете параметров траекторий вычисления проходят от точки старта до точки падения, а в случае малого начального угла наклона траектории (настильная траектория) до выбранной пользователем дальности полета. Для вычисления параметров траекторий артиллерийского и реактивного снарядов в математической модели используются стандартные законы сопротивления 1943 и 1958 годов, зависимость аэродинамического коэффициента опрокидывающего момента от числа Маха [2]. При расчете траектории реактивного снаряда такие параметры как тяга P , масса m , моменты инерции J_x, J_y задаются в виде полиномиальных функций от времени t . В программе предусмотрена возможность вычисления элементов траектории при работе двигателя в нескольких режимах, а также после окончания его работы. В комплексе программ предусмотрено использование индивидуальных зависимостей изменения аэродинамических характеристик для тел не стабилизируемых вращением [3].

Литература

1. Соркин Р.Е. Динамика полета неуправляемых ракет. - М.: Дом техники, 1963.-212с.
2. Степанов В.П., Фарапонов В.В. Внешняя баллистика: Некоторые вопросы баллистики ствольных систем. – Томск: Изд-во Томский Университет, 2001.-192 с.
3. Биматов В.И. Обобщенный алгоритм решения обратной задачи траекторной баллистики//Иzv. вузов. Физика. Томск.2005. - № 11. – с. 30-36.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ОСОБЕННОСТЬ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ТРАЕКТОРНОЙ БАЛЛИСТИКИ

Савкина Н.В., В.И. Биматов

Томский государственный университет
634050, Томск, пр. Ленина, 36
тел. (3822)529621, E-mail: pantera256@mail.ru, vbimatov@mail.ru

В основных методиках численного расчета аэродинамических характеристик по данным аэробаллистического эксперимента [1-2] коэффициенты разложения аэродинамических характеристик (АДХ) находятся как решение задачи линейной алгебры $\mathbf{AX} = \mathbf{B}$ (1), где X – вектор неизвестных коэффициентов разложения АДХ, B – вектор «наблюдений», A – матрица координатных функций, соответствующих разложениям АДХ. В методике, изложенной в [24], молчаливо предполагается, что сведение задачи к системе линейных алгебраических уравнений исчерпывает проблему решения, нужно лишь набрать N^* фундаментальных уравнений вида (1). Однако следует ожидать, что из-за некорректности задачи в целом и на этом этапе возникнут вычислительные трудности. При произвольном формировании и решении задачи линейной алгебры можно потерять все верные знаки, сохранившиеся после этапа аппроксимации и дифференцирования экспериментальных данных, и получить решение, лишенное физического смысла. Структура фундаментальной системы определяется как базисом разложения АДХ, так и множеством точек $\{x_{kj}^*\}$, на котором этот базис задан. Выбор базиса разложения АДХ определяется физической особенностью задачи в процессе моделирования. И не для всякого базиса найдется такая сетка $\{x_{kj}^*\}$, что число обусловленности $\mu(A) \rightarrow 1$. Выбор сетки $\{x_{kj}^*\}$ должен производиться в процессе вычислений так, чтобы число обусловленности линейной системы $\mu(A)$ было наименьшим из всех возможным при заданном базисе. Кроме того, как показали исследования, обусловленность линейной системы ухудшается с ростом ее размерности. Таким образом, хорошая обусловленность системы линейных алгебраических уравнений и качественная аппроксимация кинематических параметров и их производных являются необходимым условием устойчивости вычислительного процесса определения аэродинамических характеристик.

Литература

1. Менде Н.П. // Физико-газодинамические баллистические исследования / Под ред. Г.И. Мишина. - Л.: Наука, 1980.-С. 200-224.
2. Чепмен Ж.Т., Кирк Д.В. //Ракетная техника и космонавтика.-1970.-Т. 8.-№4.-С. 182-188.

**РАЗРАБОТКА ШИРОКОДИАПАЗОННОГО УРАВНЕНИЯ
СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ
ТОМАСА–ФЕРМИ**

Шемякин О.П., П.Р. Левашов— к.ф.-м.н.,

К.В. Хищенко— к.ф.-м.н.

Учреждение Российской академии наук Объединенный институт высоких температур РАН,

125412, Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, +7(495)4842456,

shemyakin@ihed.ras.ru

Для изучения процессов при взаимодействии мощных потоков энергии с веществом необходимо знание уравнения состояния исследуемых материалов в широкой области фазовой диаграммы. На сегодняшний день имеется целый ряд моделей, основанных на методе функционала плотности, позволяющих с высокой точностью рассчитывать уравнения состояния электронной компоненты вещества при низких температурах. С другой стороны, модель Томаса–Ферми правильно передаёт поведение электронной компоненты при высоких температурах, но практически неприменима (кроме области очень сильных сжатий) при $T = 0$ К. С учётом этих фактов, в данной работе модель Томаса–Ферми используется для учёта тепловых возбуждений электронной компоненты. При этом свободная энергия вещества рассматривается как сумма трех компонент, которые описывают упругую часть взаимодействия между частицами при $T = 0$ К (F_e) и тепловой вклад тяжелых частиц (атомов, ионов, ядер) (F_a) и электронов (F_e). Первое и второе слагаемые задаются полуэмпирическими формулами, а третье рассчитывается в рамках модели Томаса–Ферми. Следует отметить, что при такой методике существенно расширяется область применимости получаемого уравнения состояния. Для расчета F_e при низких температурах получены асимптотические выражения; кроме того, разработаны численные методы нахождения вторых производных свободной энергии (скорости звука, теплоёмкости и др.) с заданной точностью. Результаты расчетов по разработанным уравнениям состояния металлов согласуются с имеющимися ударно-волновыми данными.

К ТЕОРИИ МНОГОМАСШТАБНОЙ ЭВОЛЮЦИИ НЕУПОРЯДОЧЕННЫХ СТРУКТУР

Юрченко С.О.

кафедра «Физика» МГТУ им. Н.Э. Баумана, e-mail: st.yurchenko@mail.ru

Структуры субмикронного уровня в кристаллических материалах зачастую неупорядочены (аморфны).

В физике мезомасштабов ($\sim 10^{-9} \dots 10^{-6}$ м) сегодня не ясны до конца закономерности процессов структурных превращений, связь между процессами разупорядочения и разрушения.

Для описания свойств слабонеупорядоченных структур предложен способ, использующий часть функции парного распределения межатомных расстояний, вносящую основной вклад в энергию решетки. В предположении, что все интересующие свойства структуры могут быть описаны при помощи параметра неупорядоченности, а деформация невелика, пространственно-временная эволюция неупорядоченных структур описывается уравнениями:

$$\text{grad div } \mathbf{u} - \frac{1-2\sigma}{2(1-\sigma)} \text{rot rot } \mathbf{u} = \alpha^* \nabla \xi \qquad \frac{\partial \xi}{\partial \tau} = \xi(\varepsilon \text{ div } \mathbf{u} - 1)$$

где \mathbf{u} – вектор малых смещений неупорядоченной среды при деформации; σ – коэффициент Пуассона; α^* – эффективный коэффициент аморфного расширения структуры; ξ – параметр неупорядоченности среды; ε – параметр, характеризующий соотношение между энергией упругой деформации и тепловыделением при переходе между аморфными модификациями; τ – «безразмерное» время. В кристаллической фазе параметр $\xi \equiv 0$, а во всех аморфных состояниях $\xi > 0$.

Изменение статистики межатомных расстояний приводит к изменению эффективных свойств структуры (микромасштаб), которое, в свою очередь, влияет на кинетику и пространственные особенности рекристаллизации (наномасштаб).

В рамках предлагаемой теории обсуждена связь между процессами разрушения и разупорядочения, образования периодических структур. В предельных случаях кинетика аморфных превращений, согласно настоящей теории, согласуется с экспериментальными работами. Обнаружено, что уравнения эволюции допускают стационарные решения, наблюдаемые численно, а также стабилизацию неупорядоченных структур.

ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА

Устные доклады

СТАТИЧЕСКИЙ ФУРЬЕ–СПЕКТРОМЕТР ДЛЯ АНАЛИЗА СПЕКТРОВ ВТОРИЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ВИДИМОГО ДИАПАЗОНА

Голяк И.С., мл. н. с.; А.А. Есаков, ассистент; Д.В. Косенко, студент.

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

А.Н. Морозов, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физика»

Данная работа посвящена разработке бесконтактной и дистанционной методики получения спектров вторичного излучения органических веществ на основе линейной фотолюминесценции и комбинационного рассеяния и их последующего анализа.

Для наблюдения интерференционных картин вторичного излучения исследуемых веществ использовалась статическая интерференционная система на основе светоделительного куба, со скошенными под определенным углом гранями. Использование статической интерференционной системы дает выигрыш в светосиле по сравнению с использованием дифракционных решеток – выигрыш Жакино. Для регистрации использовалась ПЗС матрица с разрешением 752x582 элементов, что позволяло добиться выигрыша в быстродействии и точности измерения (выигрыш Фелжета).

Реализация бесконтактной методики основывалась на использовании оптоволоконного зонда используемого для подведения возбуждающего излучения к объекту исследования и передачи вторичного излучения на вход интерференционной системы.

Для наблюдения линейной фотолюминесценции и комбинационного рассеяния использовались источники возбуждающего излучения со следующими длинами волн 266 нм, 280 нм и 532 нм.

Для идентификации спектров используется сравнение их со спектрами известных веществ, которые предварительно измерялись и заносились в базу данных. Для каждого типа используемого возбуждающего излучения составляется своя база

данных; распознавание может вестись как отдельно по каждому типу излучения, так и совместно по совокупности спектров, полученных с различными источниками.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ФАКЕЛА РАСПЫЛА

Даньшин В.В., Х.Д. Ламожаров

Самарский государственный университет путей сообщения
danshin063@gmail.com

Диагностика внутрицилиндровых процессов является актуальной проблемой. В силу высокой нелинейности процессов горения, полнота сгорания, наработка загрязняющих веществ (образование сажи и оксидов азота) очень сильно зависит от начальных условий. В настоящее время методы диагностики основываются на представлениях об квазиоднородном горении, когда основные параметры описываются гладкими функциями, однако как показывают результаты прямых наблюдений, процесс горения носит многоочаговый характер.

Нами была разработана система диагностики, основанная на перколяционной модели горения, что позволило выработать критерии качества смесеобразования. По нашим представлениям данным критерием является фрактальная размерность дисперсной двухфазной топливно-воздушной смеси. Для определения фрактальных характеристик факела распыла, последний просвечивался тонким плоским пучком лазера, так называемым «лазерным ножом».

Использовался полупроводниковый лазер с оптической системой, создающей лазерный нож, толщиной 2 мм, шириной 15 см, длиной волны 0.8 мкм. В качестве фотоприемника использовалась PAL ИК- камера для ночного видео наблюдения с ТВ тюнером.



Рис 1. Слева – лабораторная установка. Справа – неоднородный факел распыла, просвечиваемый лазерным ножом в ИК диапазоне.

В результате получены изображения неоднородного распределения топлива – воздушной смеси в выбранных сечениях факела распыла. Данное изображение в оцифрованном виде могут быть обработаны известными методами “box-counting”. Данная методика может быть использована для определения качества тепловых устройств как во время ремонта, так и в процессе производства, что позволит объективно определять качество данных тепловых устройств.

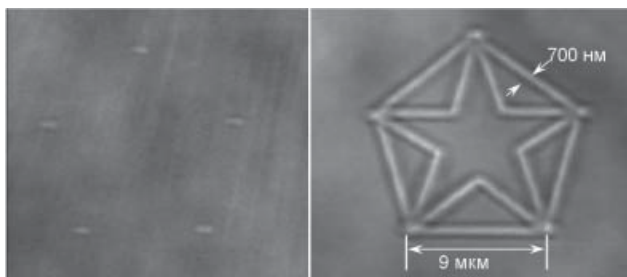
ГОЛОГРАФИЧЕСКИЙ ФЕМТОСЕКУНДНЫЙ ЛАЗЕРНЫЙ МАНИПУЛЯТОР

Залесский А.Д. – аспирант МФТИ,
Н.А. Данильченко – студент МФТИ,
Ю.Б. Максименко – студентка МФТИ,
Ю.В. Барбашов – аспирант МФТИ,
Б.И. Западский – к.х.н., зам. рук. отдела полимеров и композитных материалов ИХФ РАН,
О.М. Саркисов – руководитель, д.ф.-м.н, проф., зам. директора ИХФ РАН, sarkisov@chph.ras.ru

Работа выполнена на базе Института химической физики им. Н.Н. Семенова РАН

Оптическое манипулирование – перспективный метод исследований, обладающий колоссальным спектром применений в таких областях, как физика, химия, биология. Данная работа посвящена созданию голографического оптического манипулятора и «скальпеля» с применением фемтосекундных импульсов.

В установке используется оптический жидкокристаллический модулятор, позволяющий вместо одной оптической ловушки создавать много оптических ловушек, каждая из которых может перемещаться в пространстве независимо от других. В результате был реализован одновременный оптический захват фемтосекундными импульсами света сразу многих объектов. Продемонстрирована возможность деструкции раковых клеток и отрезания фрагмента от скопления раковых клеток за счет разрыва связей при многофотонном поглощении фемтосекундных световых импульсов. Показана возможность манипулирования многими объектами одновременно на примере пяти полимерных шариков диаметром 5 мкм. На данной установке выполнены эксперименты по двухфотонной полимеризации фотоактивных



композитных растворов. Полученные полимерные объекты поддавались оптическому захвату и манипулированию. На рис. 1 представлен результат двухфотонной фотополимеризации метакрилатной композиции. Полимеризация осуществлялась одновременно пятью фокусами.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ХИМИЧЕСКОГО ГАЗОФАЗНОГО ОСАЖДЕНИЯ ГРАФЕНА И ОПТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ЕГО СВОЙСТВ

Рыбин М.Г., Пожаров А.С., Образцова Е.Д.

Институт Общей Физики им. А.М. Прохорова РАН

Углеродные наноматериалы были открыты более 15 лет назад, и к сегодняшнему дню свойства и получение многих из них (фуллеренов, нанотрубок, графита, алмаза) хорошо изучены. Наиболее новым материалом является графен - углеродная плёнка толщиной в один атом, имеющая гексагональную кристаллическую решётку. Получение этого наноматериала хорошего качества и в больших объёмах ещё не отработано. В данной работе мы представляем модифицированный метод газофазного осаждения графена [1] из углеродосодержащего газа на каталитическую подложку (никель или медь). Размеры образцов, полученных этим способом, превышают 3 см², что является неоспоримым преимуществом данного метода.

Физика процесса заключается в разложении газа при температуре до 1000°С, и диффузии атомов углерода в катализатор. Далее, при его охлаждении, атомы углерода выходят на поверхность, формируя углеродную плёнку, которая представляет собой графен. Полученные образцы исследованы методами комбинационного рассеяния и оптического поглощения света. Эти методики дают достаточно подробную информацию о качестве образцов, так как графен имеет индивидуальный спектр КР [2,3], а поглощение составляет 2.3% в каждом слое от интенсивности падающего излучения [4] на длине волны 550 нм. Подтверждена высокая упорядоченность полученных кластеров. Определено число слоев графена в каждом из них (от 1 до 6).

Литература

1. Yu Q., Lian J., Siriponglert S. et al., Appl.Phys. Lett. 2008, 93, 113103.
2. Ferrari A., Meyer J., Scardaci V. et al., Phys. ReV. Lett. 2006, 97, 187401.
3. Rybin M., et al. J. Nanoelectron. Optoelectron., 2009, 4, 239-242.
4. Nair R., Blake P., Novoselov K. et al., Science 2008, 320, 1308.

АЛГОРИТМ И ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ИДЕНТИФИКАЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ВЕЩЕСТВ В ГАЗОВОЙ ФАЗЕ ПУТЕМ ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА ЕДИНИЧНОГО СПЕКТРА СОБСТВЕННОГО ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Фуфурин И.Л., аспирант 3-го курса,

igfil@mail.ru, МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Физика»

А.Н. Морозов, д. ф.-м. н., профессор, amor@mx.bmstu.ru

Рассматривается методика интерпретации спектральной информации, получаемой на фурье-спектро радиометре. Фурье-спектро радиометрия является бесконтактной методикой регистрации собственного теплового излучения трассы наблюдения [1].

Для ряда научных и технических задач (начальное загрязнение трассы наблюдения, сопровождение облака вещества, медленное нарастание концентраций и др.) необходимо проводить экспресс-анализ состава газовых смесей, не требующий предварительной регистрации фонового спектра [1], т.е. интерпретация единичного спектра собственного теплового излучения трассы наблюдения

Разработана методика и алгоритм численного анализа энергетического спектра собственного излучения объектов трассы наблюдения. Для этого на основании линейной модели переноса излучения [2] производится нормировка энергетического спектра. Далее на основе линейной комбинации широкополосных атмосферных поглотителей и спектров атмосферных трасс [3] производится математическое моделирование прохождения излучения в атмосфере и формируется атмосферный спектр наиболее соответствующий экспериментальному, сигнатуры которого затем удаляются. Очищенный спектр затем проходит процедуру сопоставления с базой данных на основе корреляционных критериев, что позволяет идентифицировать вещество. Расчет концентраций происходит путем минимизации функционала рассогласования референтного и экспериментального спектров.

Разработанные методика и алгоритм реализованы в программном комплексе и апробированы в сериях вычислительных, лабораторных и натуральных экспериментов.

Литература

1. Основы фурье-спектро радиометрии // А.Н. Морозов, С.И. Светличный; [отв. ред. Г.К. Васильев]; Инт-т энергетических проблем хим. физики РАН – М.: Наука, 2006. – 275 с.

2. Roland Harig, Gerhard Matz. Toxic cloud imaging by infrared spectrometry: A scanning FTIR system for identification and visualization // Field analytical chemistry and technology 5(1-2): 75-90, 2001.
3. Кочиков И.В., Морозов А.Н., Светличный С.И., Фуфурин И.Л. Распознавание веществ в открытой атмосфере по единичной интерферограмме фурье-спектрометра // Опт. и спектр. 2009. Т. 106. №5, с. 743-749.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ НА АВТОЭЛЕКТРОННУЮ ЭМИССИЮ И МОРФОЛОГИЮ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ГРАФИТНЫХ ПЛЁНОК

Хестанова Е.А., студентка 5-ого курса,
e-mail: khestanova@polly.phys.msu.ru,

А.В. Тюрнина – аспирант, С.А. Ляшенко – аспирант,
А.Н.Образцов, доктор ф.-м. н., проф., тел.: 9394126,
e-mail: obraz@polly.phys.msu.ru

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия

Наноструктурированные графитные плёнки (НГП) состоят из наноразмерных кристаллитов графита, ориентированных их базовыми плоскостями (0001) перпендикулярно подложке. НГП известен как материал, обладающий способностью эффективно эмитировать электроны под действием относительно слабого электрического поля [1-3], что делает их перспективными для использования в вакуумной электронике. С точки зрения практического использования и понимания фундаментальных механизмов автоэмиссии из НГП представляет интерес изучение влияния на свойства этого материала различных факторов, включая термическое окисление.

В данной работе методом газофазного химического осаждения нами была получена серия НГП. Структура полученных образцов контролировалась методами комбинационного рассеяния света (КРС) и растровой электронной микроскопии (РЭМ). Также были получены их вольтамперные характеристики автокатодов, изготовленных на основе НГП. Равномерность распределения эмиссионных центров оценивалась с помощью люминофорного экрана. Образцы подвергались термическому воздействию на воздухе, диапазон температур составил от 300 до 800 °С, время воздействия – 15 минут.

Исследование показало, что термическое воздействие вплоть до температуры 650°С не вносит значительных изменений в эмиссионные характеристики НГП (рис.1а,б). При достижении 660 °С эмиссионные свойства НГП резко изменяются – после такой обработки образцы плёнок распыляются в вакуумной камере под

действием приложенного поля. Причиной такого поведения может быть изменение структурных характеристик материала. С помощью сравнительных КРС и РЭМ исследований было обнаружено, что при термическом воздействии на поверхности графитных кристаллитов появляются характерные структурные особенности в виде шестиугольных отверстий (рис. 2). Возникновение этих отверстий связывается с наличием структурных дефектов на поверхности НПП катодов, которые определяют их эмиссионные свойства. Удаление дефектов при температурах более 660°C обуславливает ухудшение эмиссионных свойств.

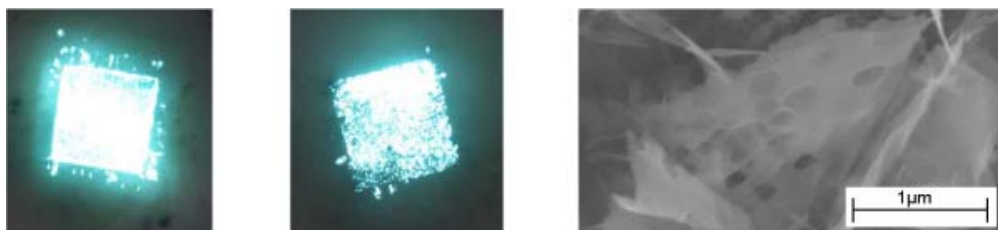


Рис 1. Распределение эмиссионных центров на НПП катоде до (а) и после (б) термического воздействия при 650°C .

Рис 2. РЭМ изображение НПП материала после окисления при 660°C .

Литература

1. Захидов Ал.А., Образцов А.Н., Волков А.П., Ляшенко Д.А., ЖЭТФ, 2005, т. 127, с. 100-106.
2. Obratsov A.N., Klesch V.I., J. Nanoelectronics and Optoelectronics, 2009, v. 4, p. 207-219.
3. Obratsov A.N., Turnina A.V., Obratsova E.A., Zolotuhin A.A., Carbon, 2008, v. 46, p. 963-968.

ГОЛЬМИЕВЫЕ ВОЛОКОННЫЕ ЛАЗЕРЫ ДВУХМИКРОННОГО ДИАПАЗОНА

Шолохов Е.М., А.С. Курков

Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН, г. Москва
E-mail: gamlet-sf@rambler.ru, kurkov@kapella.gpi.ru

В последнее время увеличивается интерес к разработкам компактных волоконных лазеров двухмикронного диапазона с относительно высокой выходной мощностью. Эти лазеры могут быть использованы в медицине, так как интенсивная

полоса поглощения биологических тканей локализована в этом спектральном диапазоне, в спектроскопии, а так же в качестве источника накачки для получения излучения среднего ИК диапазона. Одним из возможных путей построения таких лазеров является использование кварцевого волокна, легированного ионами гольмия Ho^{3+} , в качестве активной среды. Ионы гольмия в кварцевом стекле имеют переход ${}^5\text{I}_7 - {}^5\text{I}_8$, который может быть использован для получения лазерной генерации на длине волны 2 мкм. В нашей работе для накачки гольмиевого волоконного лазера использовался иттербиевый волоконный лазер, работающий на длине волны 1,125 мкм. Применение такой схемы для накачки гольмиевого лазера впервые было продемонстрировано в [1]. Нами впервые была изучена эффективность генерации шести гольмиевых волоконных лазеров, работающих на длинах волн: 2,02; 2,05; 2,07; 2,1; 2,13 и 2,15 мкм. Для каждого лазера была подобрана оптимальная длина волокна для получения максимальной выходной мощности. Было показано, что оптимальная длина волокна строго зависит от длины волны генерации. С увеличением длины волны генерации наблюдается сильный рост оптимальной длины волокна. При генерации на длине волны 2,1 мкм была получена самая высокая выходная мощность равная 4,2 Вт, при этом квантовая эффективность составила 34%. Данные результаты были опубликованы в [2]. Насколько мы знаем, полученные значения являются самыми высокими для кварцевого волокна, легированного ионами гольмия. Полученная выходная мощность реализованного гольмиевого лазера является достаточной для ряда практических приложений. Мы полагаем, что гольмиевые волоконные лазеры могут конкурировать с твердотельными лазерами данного спектрального диапазона.

Литература

1. Kurkov A.S., Dianov E.M., Medvedkov O.I., Ivanov G.A., Aksenov V.A., Paramonov V.M., Vasiliev S.A., and Pershina E.V., "Efficient silica-based Ho^{3+} -fiber laser for 2 μm spectral range pumped at 1.15 μm ", Electron. Lett., v. 36, 1015-1016, (2000).
2. Kurkov A.S., Sholokhov E.M., Medvedkov O.I., Dvoyrin V.V., Pyrkov Yu.N., Tsvetkov V.B., Marakulin A.V., and Minashina L.A. "Holmium fiber laser based on the heavily doped active fiber" Laser Phys. Lett. 6(9), 661-664 (2009).

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАВЛЕНИЙ ТОНКИХ ПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ТРУБЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ В АДИАБАТИЧЕСКОМ ПРИБЛИЖЕНИИ

Абдуллина В.А., аспирант., М.А Фатыхов., д.ф.-м.н,

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

В последние годы в различные отрасли народного хозяйства внедряются технологии, связанные с интенсификацией физических и физико-химических процессов с использованием энергии высокочастотных и сверхвысокочастотных электромагнитных полей. Однако при добыче, транспортировке и переработке нефти и газа это направление не развито. Между тем, существует острая необходимость внедрения электромагнитных полей с целью ликвидации различных отложений в скважинах, трубах, узлах нефтехимического оборудования. В связи с этим тема данной работы, связанная с ликвидацией асфальто-смолистых отложений в трубах при объемном нагреве высокочастотным электромагнитным излучением, актуальна.

Более рационально начинать разрушение парафиновой пробки на ранней стадии ее образования, когда она еще не закупоривает нефтепровод. Воздействуя мощным электромагнитным излучением на тонкие парафиновые отложения внутренней поверхности нефтепровода, можно более эффективно предотвращать нефтепроводы от их закупоривания парафиновыми отложениями. В настоящей работе приведена полная система уравнений, описывающая распределение температуры в трубе. Получены выражения объемных источников тепла для 4-х типов волн E_{0r} , E_{1r} , H_{0r} , H_{1r} . Рассчитаны изменения температуры на внутренней поверхности трубы, где образовалась тонкая пленка отложений в зависимости от времени. Вычислены времена расплавления парафиновых отложений. Показаны зависимости их от частоты излучения.

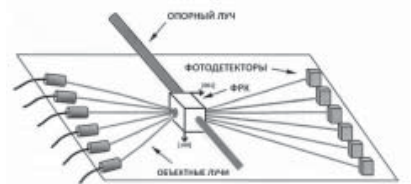
Литература

1. *Фатыхов М.А.* Изучение плавления парафиновой пробки в коаксиальной системе энергией электромагнитного излучения // *Электронная обработка материалов*, 2001, № 3. – С. 69-71.
2. *Балакирев В.А., Сотников Г.В., Кач Ю.В., Яценко Т.Ю.* Разрушение асфальто-парафиновых отложений в нефтяных трубопроводах движущимся источником высокочастотного электромагнитного излучения // *ЖТФ*, 2001, Т. 2, вып. 3. – С. 396- 400.

ШЕСТИКАНАЛЬНЫЙ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ АДАПТИВНЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР НА ОСНОВЕ ФОТОРЕФРАКТИВНОГО КРИСТАЛЛА

Безрук М.Н. аспирант, м.н.с. ИАПУ ДВО РАН,
Р.В. Ромашко кандидат ф.-м. наук, с.н.с.,
ИАПУ ДВО РАН, г. Владивосток, ул. Радио 5,
e-mail: rogovl@mail.ru

Разработан шестиканальный адаптивный [1] интерферометр на основе динамических голограмм, которые формируются в фоторефрактивном кристалле CdTe, к которому в отличие от известных адаптивных систем не прикладывается электрическое поле. В качестве источника излучения использовался Nd:YAG лазер с длиной волны 1064 нм. Интерферометр характеризуется высокой чувствительностью, которая всего в 23 раза ниже чувствительности классического интерферометра, и частотой отсечки 700 Гц. Это означает, что адаптивный интерферометр адаптируется под воздействия, ниже данной частоты, в числе которых промышленные шумы, вибрации, и детектирует фазовые изменения выше частоты отсечки. Это дает возможность интерферометру стабильно работать в реальных условиях при наличии неконтролируемых воздействий окружающей среды. Использование ортогональной геометрии взаимодействия волн в фоторефрактивном кристалле, при которой опорный и объектные лучи пересекаются в кристалле под прямым углом, позволяет обойтись без поляризационного фильтра, который вносит значительные потери, снижая тем самым чувствительность. Это дает возможность использовать деполяризованную волну в качестве объектной. В фоторефрактивном кристалле с опорной волной взаимодействует одновременно шесть объектных. Каждая объектная волна записывает с опорной волной голограмму, при этом при данной ориентации фоторефрактивного кристалла взаимодействия голограмм каждого канала между собой запрещено.



Литература

1. Кульчин Ю.Н., Витрик О.Б., Камшилин А.А., Ромашко Р.В. Адаптивные методы обработки спекл-модулированных оптических полей. – М.: Физматлит, 2009. – 288 с.

ИОНИЗАЦИОННЫЙ МЕТОД ПРОЗРАЧНОЙ ДИАГНОСТИКИ ПУЧКОВ УСКОРЕННЫХ ЧАСТИЦ

Гаверилов С.А. – студент 6 курса

МФТИ (базовая кафедра: ИЯИ РАН «Фундаментальные взаимодействия и космология») г. Долгопрудный, e-mail: s.gavrilov@gmail.com;

П.И. Рейнгардт-Никулин – зав. сектором диагностики пучка ОУК ИЯИ РАН,

А.В. Фещенко – зав. отделом ускорительного комплекса ИЯИ РАН, д.ф.-м.н.

Как точнее всего контролировать пучок частиц в ускорителе? И что считать контролем? Конечно же, хочется проводить диагностику наибольшего числа параметров, причём делать это с минимальными затратами всех возможных средств и без каких-либо возмущений исследуемого пучка. Идеальным вариантом было бы непосредственное визуальное наблюдение за поперечным сечением пучка (Рис. 1), положением его центра тяжести, распределением плотности тока и временной

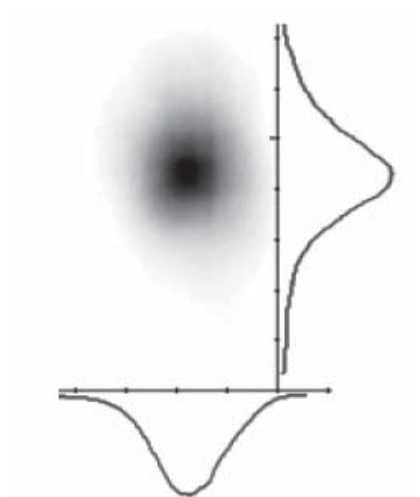


Рис. 1. Поперечное сечение протонного пучка ИЯИ.

формой импульса. Однако проблема в том, что большинство имеющихся на сегодняшний день детекторов тем или иным образом изменяют характеристики пучка, вызывают дополнительные потери и не могут считаться многопараметрическими. Так как же нам «увидеть живую» пучок?

Для диагностики пучков прозрачным способом часто используется метод регистрации продуктов ионизации остаточного газа в вакуумной камере ускорителя. Такой метод гипотетически позволяет работать с любыми типами излучений на любых ускорителях и регистрировать максимальное число параметров пучка в широком диапазоне энергий и амплитуд токов ускоренных частиц.

Конечно, если у Вас есть соответствующий детектор... Единственным устройством, одновременно отвечающим требованиям универсальности, повышенной информативности, высокой чувствительности, быстродействия, простоты конструкции и надежности в использовании, является ионизационный монитор

поперечного сечения (ИМПС) пучков ускоренных частиц и ионизирующих излучений, успешно используемый для оперативного контроля параметров пучка на линейном ускорителе протонов ИЯИ РАН.

Литература

1. Рейнгардт-Никулин П. и др. Ионный монитор поперечного сечения протонного пучка промежуточных энергий линейного ускорителя ИЯИ РАН. // Вопросы атомной науки и техники – «Ядерно-физические исследования». – 2008. – Т. 49, № 3. – С. 55–59.

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ВИБРАЦИЙ

Гурбатов С.О., аспирант, младший научный сотрудник, ИАПУ
ДВО РАН

О.Б. Витрик, д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник,
ИАПУ ДВО РАН

Ю.Н. Кульчин, чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор, директор, ИАПУ ДВО РАН
E-mail: gurbatov_slava@mail.ru

Настоящая работа посвящена разработке волоконно-оптического измерительного преобразователя виброрейсмических процессов для создания информационно-измерительных систем контроля состояния техногенных объектов. В основу разработанного преобразователя положен принцип амплитудной модуляции направляемого излучения в одномодовых волоконных световодах (ВС) при макроизгибе, обусловленном внешним виброрейсмическим воздействием. Была разработана технология изготовления локальных чувствительных элементов на основе одномодовых ВС, представляющих собой волноводы с низкой приведенной частотой. В результате проведенных исследований был создан лабораторный макет измерительного преобразователя виброрейсмических процессов, который был выполнен в виде герметичного корпуса, с установленной в него колебательной системой маятникового типа, механически соединенной с волоконным чувствительным элементом. Колебания механического маятника в датчике приводят к индуцированию сильных потерь направляемого излучения. Для демпфирования собственных колебаний инерционной массы в составе маятника последний помещается в вязкую среду, параметры которой подбираются с учетом требуемой чувствительности и регистрируемого частотного диапазона. В результате

были получены следующие измерительные характеристики: пороговая чувствительность $6 \cdot 10^{-4}g$, диапазон линейности АЧХ от 0 до 100 Гц. Конструкция позволяет изменить диапазон линейности АЧХ, чтобы оптимизировать его для задач измерения параметров вибросейсмических волн.

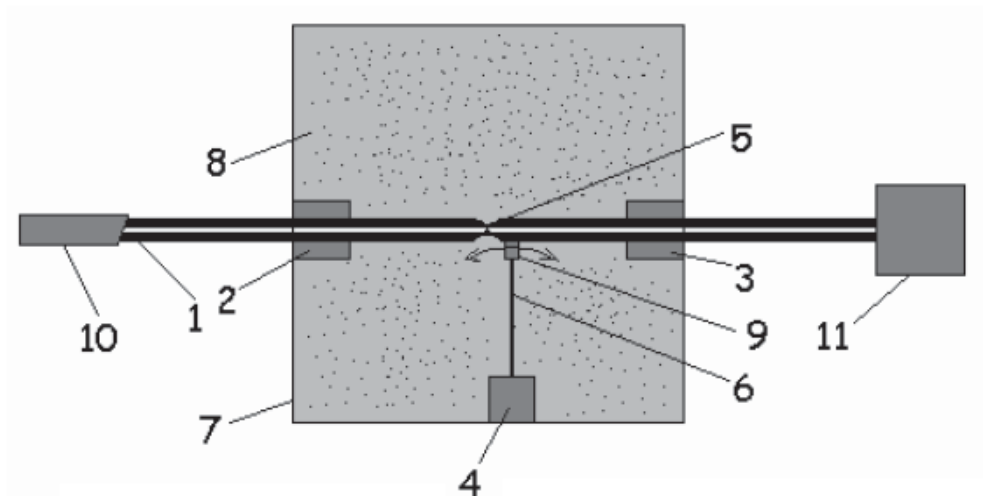


Схема волоконно-оптического измерительного преобразователя сейсмических процессов. 1 – волоконный световод. 2,3,4 – неподвижные опоры. 5 – перетяжка на участке волоконного световода. 6 – колебательная система маятникового типа. 7 – герметичный корпус. 8 – вязкая жидкость. 9 – инерционная масса. 10 – суперлюминесцентный диод. 11 – фотодетектор и осциллограф.

ДАТЧИК ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ЦЕНТРА МАСС ТЕЛА НА КОРОТКОЙ БАЗЕ

Дьячковский А.С., В.В. Фараонов

Томский государственный университет
634050, Томск, пр. Ленина, 36
тел. (3822)529621, E-mail: Lex_okha@mail.ru, fff@ftf.tsu.ru

Для измерения скорости центра масс летящего тела (основного параметра при внешнебаллистических испытаниях) трассу оснащают регистраторами моментов пролета хронографических сечений. Датчик регистрации моментов пролета представляет собой электрическую цепь, в которой тем или иным способом

возбуждается летящим телом электрический импульс, определяющий момент пролета телом блокирующего сечения трассы [1].

Представленный датчик имеет оптическое блокирующее сечение, состоящее из излучающей части – лазерный модуль создающий освещенную плоскость регистрации и принимающей части – оптическая световодная сборка. В датчике используется 4 оптических блокирующих сечения, равномерно расположенных по оси датчика и составляющих две вложенные базы 10 см и 30 см [2]. Схема датчика показана на рис. 1.

Обработка электрических сигналов осуществляется в блоке синхронизации. Блок синхронизации включает в свой состав блок усиления сигнала и блок обработки данных на базе микроконтроллера [3]. Полученные данные скорости выводятся на экран компьютера.

По результатам испытаний была оценена среднеквадратичная погрешность скорости равная 1%, для скоростей до 300 м/с.

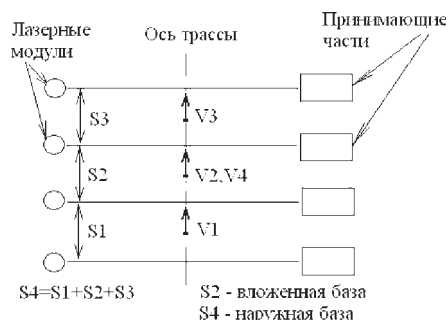


Рис. 1. Схема баллистического регистратора.

Литература

1. Костров А.В. Измерения и идентификация движения.-М: МО СССР, 1986. – 394 с.
2. Фарапонов В.В. Исследование методов измерения в аэробаллистическом эксперименте // Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики, Доклады 4 ВНК, Томск: ТГУ, 2004, 413 с.
3. Дьячковский А.С., Фарапонов В.В. Измерение скорости центра масс на короткой базе // Современная баллистика и смежные вопросы механики. Сб. материалов н.к. – Томск: Изд-во ТГУ, 2009. – С. 77-78.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ СО-ЛАЗЕРА В НЕЛИНЕЙНЫХ КРИСТАЛЛАХ В СПЕКТРАЛЬНЫЙ ДИАПАЗОН 1,25-1200 МКМ

Киняевский И.О., Ю.М. Андреев*, А.А. Ионин,
Ю.М. Климачёв, А.Ю.Козлов, А.А. Котков,
Г.В. Ланский*

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Россия,
Томск

В работе исследуется возможность создания широкодиапазонного источника когерентного излучения на основе преобразования частоты СО-лазера в нелинейных кристаллах. В лаборатории Газовых лазеров ФИАН проведены эксперименты по преобразованию частоты излучения СО-лазеров с различным режимом генерации в кристаллах GaSe и ZnGeP₂, выращенных в ИМКЭС СО РАН. Максимальная внутренняя эффективность генерации второй гармоники получена на кристалле ZnGeP₂ при использовании импульсного электроионизационного СО-лазера в режиме синхронизации мод и составила 7%. При преобразовании многочастотного излучения СО-лазера с накачкой непрерывным разрядом в режиме модуляции добротности внутренняя эффективность в кристалле ZnGeP₂ составила 1.1%, в GaSe – 0.6%. При преобразовании излучения содержащего ~80 спектральных линий, спектр преобразованного излучения составил ~110 линий.

Проведены расчёты условий фазового синхронизма 3х-частотных взаимодействий различных спектральных линий СО-лазера, позволяющие получить излучение с длиной волны в диапазоне 1,25 – 1200 мкм (см., например, рис. 1 и 2).

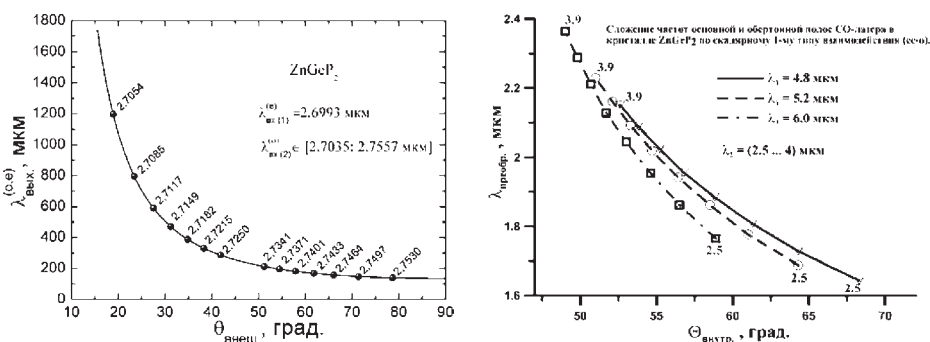


Рис.1. Кривая фазового синхронизма для генерации терагерцового излучения в кристалле ZnGeP₂ оберточного СО-лазера.

Рис.2. Кривые фазового синхронизма для генерации излучения на суммарной частоте основной и оберточной полосы СО-лазера в кристалле ZnGeP₂.

КРИОСТАТ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ДЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ И МЁССБАУЭРОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР 4,2-300 К

Наумов П.Г., аспирант 3-го года ФИАН, e-mail: naumov@lebedev.ru
Е.И. Демихов (д.ф.-м.н., проф., ФИАН) demikhov@lebedev.ru,
И.С. Любутин (д.ф.-м.н., проф., ИКРАН),
К.В. Фролов (к.ф.-м.н. ИКРАН)

Безжидкостные криостаты на базе криорефрижераторов вызывают большой научный и практический интерес. Подобные системы, использующие в качестве рабочего тела газообразный гелий-4 высокой очистки, позволяют отказаться от использования жидкого азота и гелия для получения криогенных температур.

В данной работе представлен первый отечественный криостат замкнутого цикла для оптической и мессбауэровской спектроскопии. Криостат создан на базе двухступенчатого криорефрижератора на цикле Гиффорда - МакМагона с хладопроизводительностью 1 Вт при температуре 4,2 К. Минимальная полученная температура составляет 2,7 К.

Вибрации, возникающие при работе криорефрижератора, на сегодняшний день являются одним из главных сдерживающих факторов для использования криостатов замкнутого цикла в научных исследованиях. В мессбауэровской спектроскопии эта проблема стоит особенно остро, т.к. вибрация образца приводит к резкому ухудшению экспериментальных гамма - резонансных спектров. Для снижения влияния вибраций разработана конструкция, в которой криостат разделен на две части, имеющие независимые виброизолирующие опоры. Проведён комплекс работ, позволивший уменьшить вибрационное уширение резонансных линий до 15% при температуре 5 К, что соответствует уровню лучших мировых аналогов.

Полученные при создании криостата инженерные решения позволяют создавать криостаты для различных областей физики твердого тела, требующих использования криогенных температур.

ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ N×N КОММУТАТОР ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ТИПА

*Неевина*² Т.А., И.Н. Компанец¹

Физический Институт им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН)
119991, Москва, Ленинский пр., 53

¹ Руководитель, д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник ФИАН,
kompan@sci.lebedev.ru

² Докладчик, выпускница НИЯУ «МИФИ», neeyevina@mail.ru

Рассматривается максимально параллельная схема работы оптоэлектронного N×N коммутатора*, основанная на поразрядной коммутации оптических каналов. Показано, что наиболее подходящими для перевода светового потока из канала в канал являются встроенные в волновод ячейки полного внутреннего отражения, выполненные из электрооптического материала. Управление переключением каналов осуществляется за счет сигналов обратной связи от фотодетекторов, регистрирующих наличие-отсутствие оптического сигнала в каждом канале.

Был пошагово смоделирован и описан весь цикл коммутации оптических сигналов для 8-, 16-, 32- и 64-канального коммутаторов. При наличии $N=2^K$ каналов их адресное соединение достигается за K этапов. Для примера на левом рисунке представлено исходное состояние 8-канального устройства (K=3). На правом рисунке справа показано распределение световых каналов на выходе, заданное адресами слева.

Концепция работы коммутатора сохраняется и при других методах перекачки световой энергии из волновода в волновод, например, при использовании распределено-связанных волн. В любом случае важнейшим достоинством коммутатора является отсутствие пересечений каналов. В настоящее время нами рассматриваются разные варианты технологической реализации коммутатора.

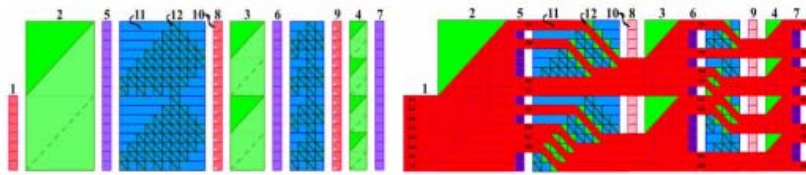


Рис. 1. Схема 8-канального коммутатора в исходном (левый рис.) и в конечном (правый рис.) состоянии: 1-оптический затвор; 2,3,4-призмы удвоения; 5,6,7-линейки модуляторов; 8,9-линейки окошек; 10-фотодетекторы (в углах окошек); 11-волновод; 12-ячейки ПВО.

* *Компанец И.Н., Компанец С.И., Неевина Т.А.* Способ коммутации N×N оптических каналов и многоканальный коммутатор. Заявка на изобретение № 2010108837 (2010 г.).

ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОПРОВОЛОК НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ A_2B_6 МЕТОДОМ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

Пляшечник О.С., ФИАН,
И.В. Кучеренко, с.н.с., к.ф.-м.н., ФИАН,
Т.Н. Заварицкая, м.н.с., ФИАН,
Н.Н. Мельник, в.н.с., к.ф.-м.н., ФИАН, melnik@sci.lebedev.ru

В работе изучались спектры резонансного комбинационного рассеяния света при комнатной температуре в структурах с нанопроволоками на основе ZnSe; ZnTe; ZnMnTe (толщина ~10 нм). Спектры КРС регистрировались на спектрометре U-1000 в геометрии обратного рассеяния. Источник излучения: He-Cd и Ar-Kr лазеры.

На спектрах структур с нанопроволоками ZnSe и ZnTe, отчетливо наблюдался сдвиг максимума краевой люминесценции в сторону больших энергий (рис. 1). Мы предполагаем, что этот сдвиг происходит вследствие увеличения эффективной ширины запрещенной зоны, благодаря эффекту размерного квантования. Исходя из величины этого сдвига оценены радиусы нанопроволок, совпадающие по порядку величины с данными электронной микроскопии.

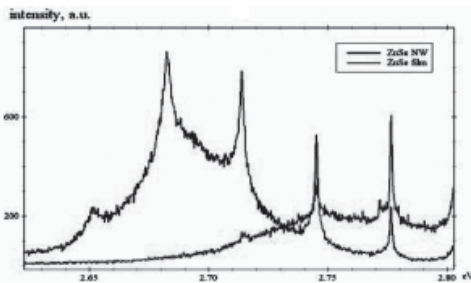


Рис.1

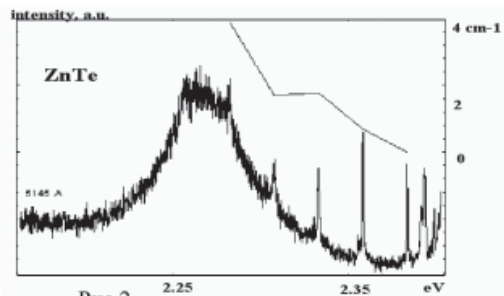


Рис.2

Обычно предполагалось, что при LO-фононных повторениях частоты максимумов пиков кратны частоте LO-фонона. В работе обнаружено, что значение частоты пика «nLO-фонона» отличается относительно величины $n \times$ (частота 1LO). Данный эффект максимален, когда частоты пика «nLO-фонона» попадают в область частот краевой люминесценции (рис. 2). В полярных полупроводниках, когда концентрация носителей велика, возможно взаимодействие фононов с носителями заряда. В результате такого взаимодействия частота LO фонона может увеличиваться. Вполне возможно, что в наших исследованиях так же проявляется это плазмон-фононное взаимодействие. По величине сдвига LO-фонона оценена концентрация носителей заряда.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ 3-Х МЕРНОГО ЭФФЕКТА ФИЗО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ WINDOWS AZURE

Тиунов П.С., студент,

В.О. Гладышев, доктор физико-математических наук, профессор
кафедры «Физика», МГТУ им. Н.Э. Баумана

Целью данной работы является экспериментальное исследование трехмерного эффекта Физо и разработка программного обеспечения для обработки полученных экспериментальных данных. Известно, что эффект Саньяка зависит от суточного вращения Земли, что проявляется в зависимости положения интерференционной картины от пространственной ориентации интерферометра. Для исследования трехмерного эффекта Физо и определения зависимости эффекта Физо от ориентации экспериментальной установки в пространстве необходим предельно достижимый уровень отношения S/N и накопление больших массивов данных. В результате выполненной работы, стало возможным выполнять эксперименты сериями в автоматизированном режиме.

Схема установки, на которой проводятся данные эксперименты, показана на рис. 1. В интерферометре луч от лазера L проходит светоделительную пластину $BS2$ и делится на два луча, каждый из которых проходит через вращающийся оптический диск OD в противоположных направлениях. Сдвиг интерференционных полос пропорционален скорости вращения OD . Каждый из таких экспериментов длится не менее суток. Сигнал с фотодетектора экспериментальной установки подключен к АЦП, который оцифровывает его на частоте 100 кГц. В итоге за сутки получается 25 гигабайт экспериментальных данных, на обработку которых, тратится около 6-8 часов машинного времени.

Таким образом, появилась задача хранения и быстрой обработки большого количества экспериментальных данных. Вторая из них особенно актуальна потому, как результат обработки во многом зависит от параметров обработки. В докладе сообщается о результатах экспериментальных исследований и разработанных методиках обработки данных.

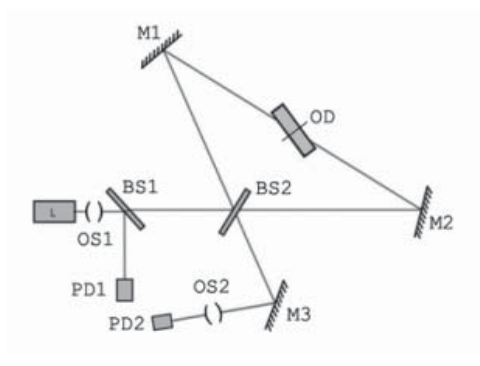


Рис.1. Схема экспериментальной установки.

ОСОБЕННОСТИ ПРОХОЖДЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ ЧЕРЕЗ ПЛАЗМЕННЫЙ СЛОЙ МАЛОПЛОТНОГО МИКРОСТРУКТУРИРОВАННОГО ВЕЩЕСТВА

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

При взаимодействии лазерного излучения с веществом существенным является вопрос эффективного получения и расходования такой высокоорганизованной формы энергии, какой является лазерное излучение. При этом необходимость повышения КПД лазера и эффективности введения энергии греющего излучения в плазму представляется очевидной.

Развитие технологий производства материалов с заданной структурой и плотностью позволило получать пористые материалы с объёмной плотностью 1–100 мг/см³ [1]. Изучение физических процессов, происходящих в плазме, возникающей при воздействии лазерного излучения на подобные материалы, представляет большой интерес для целого ряда перспективных фундаментальных научных направлений [2, 3].

В ФИАНе на установке «Канал-2» [4] был проведён цикл экспериментов по взаимодействию лазерного излучения интенсивностью 10^{13} – 10^{14} Вт/см² с малоплотными микроструктурированными материалами из триацетата целлюлозы. Проведённые исследования баланса энергии показали, что такие материалы, при определенных условиях, могут пропускать до 70% падающей лазерной энергии. Выявлены зависимости прошедшей энергии от плотности, толщины, погонной массы мишени. Кроме того, получены результаты, свидетельствующие о перераспределении интенсивности лазерного излучения в поперечном сечении пучка при прохождении через плазму малоплотной мишени.

Литература

1. N.G. Borisenko, Yu A Merkul'ev & A I Gromov. Microheterogeneous targets a new challenge in technology, plasma physics, and laser interaction with matter. Journal of the Moscow Physical Society 1994, V. 4, p. 247-273.
2. Koenig et al. Equation of state data experiments for plastic foams using smoothed laser beams. Phys. Plasmas, 1999, vol. 6, No. 8, p. 3296.
3. Remington et al. Supernova hydrodynamics experiments on the Nova laser. Phys. Plasmas. 1997, vol. 4 No.

5, p. 1994.

4. S.I. Fedotov, L.P. Feoktistov, M.V. Osipov, A.N. Starodub. Lasers for ICF with a Controllable Function of Mutual Coherence of Radiation. Journal of Russian Laser Research, 2004, vol. 25, p.79.

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОТРУБОК ПРИ КОНДЕНСАЦИИ УГЛЕРОДА ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ

Швец П.В., Р.Р. Исмагилов, А.Н. Образцов

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия

E-mail: shvets@polly.phys.msu.ru

Среди различных наноматериалов особый интерес, как с точки зрения фундаментальной науки, так и прикладных исследований, привлекают углеродные нанотрубки (УНТ). В подавляющем большинстве процессов, используемых для получения УНТ, их синтез происходит с участием наноразмерных частиц металла, которые играют роль катализаторов. Наличие металлических примесей, как правило, является недопустимым или нежелательным, что приводит к необходимости разработки дополнительных методов, направленных на очистку УНТ. Однако использование таких методов часто приводит к возникновению структурных нарушений в нанотрубках, что затрудняет или делает невозможным их дальнейшее использование. В данной работе представлены результаты исследований, направленных на поиск возможности синтеза углеродных нанотрубок без использования катализаторов при конденсации углерода из газовой фазы.

В результате исследований были получены образцы пленок, состоящих из многостенных углеродных нанотрубок. Синтез нанотрубок производился методом плазмохимического осаждения из смеси водорода и метана, активированной разрядом постоянного тока на кремниевые подложки, изолированные от непосредственного контакта с плазмой. Процесс осаждения производился без использования катализаторов. Методами спектроскопии комбинационного рассеяния света, растровой и просвечивающей электронной микроскопии, элементного анализа (дисперсионный анализ рентгеновских лучей и спектроскопия энергетических потерь электронов) было проведено всестороннее исследование полученных нанотрубок, показано, что они имеют высокую степень упорядочения и не содержат в своем составе металлических примесей на уровне, соответствующем обычному каталитическому синтезу. Кроме того, были предложены возможные механизмы безкаталитического формирования углеродных нанотрубок.

ОПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕНЕРАЦИИ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ НА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ДОМЕННЫХ СТРУКТУРАХ НА x -СРЕЗЕ LiNbO_3

Щербина В. В., аспирант

Д.О. Анисимов, студент, А.Ю. Печенкин, студент

Шандаров С.М., доктор физ.- мат. наук, профессор, зав. каф. ЭП

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634050, г. Томск, пр. Ленина 40, shand@ed.tusur.ru

Волноводы на основе LiNbO_3 с периодическими доменными структурами (ПДС) могут использоваться для эффективной модуляции оптического излучения, а также для преобразования частоты светового излучения на основе квазисинхронной генерации второй гармоники (ГВГ). В работе представлены результаты исследований процессов ГВГ на ПДС, сформированных на X -срезе конгруэнтного LiNbO_3 , а также в волноводах Zn:LiNbO_3 , электронным облучением подложки в растровом электронном микроскопе.

Планарные оптические волноводы формировались путем диффузии из пленок ZnO при температурах от 800 до 930 °С в воздушной атмосфере в течение 1-20 часов. ПДС формировались электронным облучением подложки в растровом электронном микроскопе. Период структур варьировался от 4,75 до 7,25 мкм, а доза облучения - от 600 до 1000 мкКл/см².

Оптические исследования планарных ПДС проводилась методом ГВГ-микроскопии. X -поверхность образца засвечивалась пучком лазерного излучения ($\lambda=1053$ нм) с длительностью импульсов 10 нс и энергией 200 мкДж. Изображение всего кристалла (рис. 1) было получено на длине волны 526,5 нм на фоне несинхронной ГВГ.

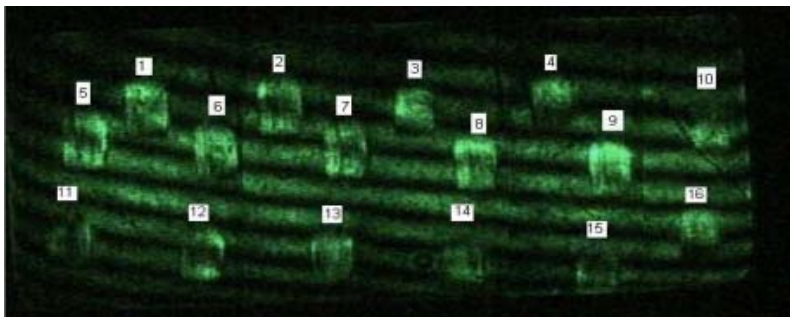


Рис. 1. Изображение кристалла ниобата лития с ПДС, полученное на второй гармонике пучка накачки с помощью микроскопического объектива и веб-камеры.

Волновод Zn:LiNbO_3 , сформированный на подложке X -среза, обеспечивал вдоль оси Y распространение трех TE мод на длине волны $\lambda=526,5$ нм и одной волноводной моды TE_0 для $\lambda=1053$ нм. Для пучка накачки с длительностью импульсов 10 нс и энергией 200 мкДж, возбуждаемого на моде TE_0 ($\lambda=1053$ нм), на ПДС в волноводе наблюдалась эффективная квазисинхронная волноводная ГВГ на модах TE_0 - TE_2 .

Авторы благодарят Л.С. Коханчик за изготовление ПДС и С.А. Кузнецову за помощь в изготовлении волноводов Zn:LiNbO_3 , а также М.В. Бородина.

1. Анисимов М.А., В.В. Глушков

Московский Физико-Технический Институт, e-mail: anisimov.m.a@gmail.com

2. Аристов¹ А.И., Я.В. Грудцын¹, Н.Г. Иванов², О.Н. Крохин¹, В.Ф. Лосев², С.Б. Мамаев¹, Г.А. Месяц¹, Л.Д. Михеев¹, Ю.Н. Панченко², А.А. Растворцева¹, Н.А. Ратахин², М. Сентис³, А.Н. Стародуб¹, В.И. Черемискин^{1,3}, О. Утеза³, В.И. Яловой¹

¹Лаборатория фотохимических процессов, Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН, Ленинский проспект 53, 119991 Москва, Россия, e-mail: andrey.aristov@gmail.com

²Институт сильноточной электроники, Сибирское отделение РАН, Академический проспект 2/3, 634055, Томск, Россия, e-mail: losev@ogl.hcei.tsc.ru

³Laboratoire Lasers, Plasmas et Procédés Photoniques (LP3), UMR 6182 CNRS – Université de la Méditerranée, C. 917, 163, Avenue de Luminy, 13288 Marseille cedex 9, France

3. Аюпов И.Р., Ю.П. Лисовец, И.В. Лукьянов, М.Н. Рычагов

МИЭТ и РМАПО, Москва, Зеленоград, корп. 840, кв. 172, тел. 8(926)709-4479, e-mail: iln.aupov@gmail.com

4. Ишханян А.А., В.П. Крайнов

Московский физико-технический институт, 141700 Долгопрудный, РФ
hishkhanyan@gmail.com

5. Сорокина Е.А., В.И. Ильгисонис

Российский университет дружбы народов,
115563, Москва, Борисовский пр-д, 34, 105, e-mail: sorokina.ekaterina@gmail.com

6. Шаныгина Т.Е., С.А. Кузьмичёв

МГУ им. М.В. Ломоносова, физический ф-т,
Москва, Ленинские горы, 119991, e-mail: vasil@mig.phys.msu.ru

7. Атаманская М.С.

РО ИПК и ПРО, Ростов-на-Дону, e-mail: avi557@ya.ru

8. Бабичева В.Е.¹, Ю.Е. Лозовик^{1,2}

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

²Институт спектроскопии РАН, ул. Физическая, д. 5, Троицк

9. Вернигора И.А., Рудой Ю.Г., Рыбаков Ю.П.

Российский университет дружбы народов,
117198 Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6; e-mail: weneга83@mail.ru

10. ^{1,2}Р.Н. Галимов, Н.Е. Молевич

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

²Самарский филиал Учреждения Российской академии наук Физического института им.
П.Н. Лебедева РАН, 443011 Самара, ул. Новосадовая, 221;
e-mail: molevich@fian.smr.ru

11. Гец А.В.¹, В.П. Крайнов

Московский физико-технический институт (Государственный университет)
141700, Московская обл., г. Долгопрудный,
¹e-mail: agets@inbox.ru

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

¹Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П.Королева
(национальный исследовательский университет),
443086 Самара, Московское шоссе, 34

²Самарский филиал Учреждения Российской академии наук Физического института им.
П.Н. Лебедева РАН, 443011 Самара, ул. Новосадовая, 221; e-mail: dimanzav@mail.ru,
molevich@fian.smr.ru

13. Захаренков А.С., Поварницын М.Е.

Объединенный институт высоких температур РАН
Московская обл., г. Долгопрудный, ул. Первомайская, д. 30, корп. 1,
e-mail: strider@ihed.ras.ru

14. Калинин П.А., Вл.В. Кочаровский

Институт прикладной физики РАН,
Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46, (831)416-46-48, petr@kalinin.nnov.ru

15. Кренц А.А., Молевич Н.Е.

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

16. Кучмижак А.А., Витрик О.Б., Кульчин Ю.Н.

Институт автоматики и проблессов управления ДВО РАН
e-mail: alex.iacp.dvo@mail.ru

17. Мкртчян Л.С., А.Р. Закинян, Ю.И. Диканский

Ставропольский государственный университет, г. Ставрополь ул. Пушкина 1. тел.:
(8652)353348, e-mail: mkrt-levon@yandex.ru

18. Попова Е.П., Д.Д. Соколов

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, d_sokoloff@hotmail.com

19. Руцкая А.М., Еркович О.С.

Каф. «Физика» МГТУ им. Н.Э.Баумана, e-mail: anna8502@mail.ru

20. Савкина Н.В., В.И. Биматов

Томский государственный университет
634050, Томск, пр. Ленина, 36, e-mail: pantera256@mail.ru, vbimatov@mail.ru

21. Савкина Н.В., В.В. Фарапонов

Томский государственный университет
634050, Томск, пр. Ленина, 36, e-mail: pantera256@mail.ru, fff@ftf.tsu.ru

22. Шемякин О.П., П.Р. Левашов, К.В. Хищенко

Учреждение Российской академии наук Объединенный институт высоких температур
РАН, 125412, Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, e-mail: shemyakin@ihed.ras.ru

23. Юрченко С.О.

Кафедра «Физика» МГТУ им. Н.Э. Баумана, e-mail: st.yurchenko@mail.ru

24. Голяк Ил.С., А.А. Есаков, Д.В. Косенко, А.Н. Морозов

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

25. Даньшин В.В., Х.Д. Ламожапов

Самарский государственный университет путей сообщения, e-mail: danshin063@gmail.com

26. Залесский А.Д., Н.А. Данильченко, Ю.Б. Максименко, Ю.В. Барбашов,**Б.И. Западинский, О.М. Саркисов**

Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, e-mail: sarkisov@chph.ras.ru

27. Рыбин М.Г., Пожаров А.С., Образцова Е.Д.

Институт Общей Физики им. А.М. Прохорова РАН

28. Фуфурин И.Л., А.Н. Морозов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Физика», e-mail: amor@mx.bmstu.ru igfil@mail.ru

29. Хестанова Е.А., А.В. Тюрина, С.А. Ляшенко, А.Н.Образцов

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, физический
факультет, Москва, Россия, e-mail: obraz@polly.phys.msu.ru, khestanova@polly.phys.msu.ru

30. Шолохов Е.М., А.С. Курков

Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН, г. Москва
e-mail: gamlet-sf@rambler.ru, kurkov@kapella.gpi.ru

31. Абдуллина В.А., М.А Фатыхов

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия, e-mail: ven11852009@yandex.ru

- 32. Безрук М.Н., Р.В. Ромашко**
ИАПУ ДВО РАН, г. Владивосток, ул. Радио 5, e-mail: gorovl@mail.ru
- 33. Гаврилов С.А., П.И. Рейнгардт-Никулин, А.В. Фещенко**
МФТИ (базовая кафедра: ИЯИ РАН «Фундаментальные взаимодействия и космология») г. Долгопрудный, e-mail: s.gavrilov@gmail.com
- 34. Гурбатов С.О., О.Б. Витрик, Ю.Н. Кульчин**
ИАПУ ДВО РАН, e-mail: gurbatov_slava@mail.ru
- 35. Дьячковский А.С., В.В. Фарапонов**
Томский государственный университет
634050, Томск, пр. Ленина, 36, e-mail: Lex_okha@mail.ru, fff@ftf.tsu.ru
- 36. Киняевский И.О., Ю.М. Андреев*, А.А. Ионин, Ю.М. Климачёв, А.Ю. Козлов, А.А. Котков, Г.В. Ланский***
Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия
*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Россия, Томск
- 37. Наумов П.Г., Е.И. Демихов, И.С. Любутин, К.В. Фролов**
ИКРАН, e-mail: naumov@lebedev.ru, demikhov@lebedev.ru
- 38. Неевина² Т.А., И.Н. Компанец¹**
¹ Физический Институт им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН)
119991, Москва, Ленинский пр., 53, e-mail: kompan@sci.lebedev.ru
² НИЯУ «МИФИ», e-mail: neyevina@mail.ru
- 39. Пляшечник О.С., И.В. Кучеренко, Т.Н. Заварицкая, Н.Н. Мельник**
ФИАН, e-mail: melnik@sci.lebedev.ru
- 40. Тиунов П.С., В.О. Гладышев**
Кафедра «Физика», МГТУ им. Н.Э. Баумана, e-mail: pavel.tiunov@gmail.com
- 41. 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, e-mail: nastya708@yandex.ru
- 42. Швец П.В., Р.Р. Исмагилов, А.Н. Образцов**
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия, e-mail: shvets@polly.phys.msu.ru
- 43. Щербина В. В., Д.О. Анисимов, А.Ю. Печенкин, Шандаров С.М.**
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634050, г. Томск, пр. Ленина 40, e-mail: shand@ed.tusur.ru