

Итоговый семинар
по физике и астрономии
по результатам конкурса грантов
2000 года для молодых ученых
Санкт-Петербурга

9 февраля 2001 г.
Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе
Санкт-Петербург

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ



Санкт-Петербург, 2001

Организаторы семинара

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН

Конкурсный центр фундаментального естествознания (КЦФЕ)

Министерства образования РФ

Saint-Petersburg Chapter of Lasers and Electro-Optics Society (LEOS)

Организационный комитет

Соколовский Григорий Семенович (ФТИ), *председатель*

Аверкиев Никита Сергеевич (ФТИ)

Азбель Александр Юльевич (КЦФЕ)

Закгейм Дмитрий Александрович (ФТИ)

Когновицкая Елена Андреевна (ФТИ)

Кучинский Владимир Ильич (ФТИ)

Попов Алексей Юрьевич (ФТИ)

Портной Ефим Лазаревич (LEOS)

Семинар является одним из заключительных отчетных мероприятий конкурса на соискание персональных грантов для студентов, аспирантов и молодых ученых Санкт-Петербурга, организованного Администрацией Санкт-Петербурга, Министерством образования РФ и Российской академией наук. Конкурс получил также финансовую поддержку со стороны федеральной целевой программы «Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки на 2001–2005 годы». Для участия в семинаре были приглашены победители конкурса 2000 года в области физики и астрономии, набравшие высший рейтинг по результатам экспертизы.

Предисловие

Конец XX столетия для ученых России и, в особенности, Санкт-Петербурга был ознаменован событием, которое многих заставило с оптимизмом взглянуть в наступающий век. Присуждение Нобелевской премии знаменитому Российскому ученому, директору С-Петербургского Физико-технического института академику Жоресу Ивановичу Алферову наполнило особым смыслом все научные конкурсы, конференции и семинары, проходившие на стыке столетий. Надежда, что это событие положит конец незаслуженному забвению неоценимого вклада России в мировую науку, сквозила в выступлениях и маститых ученых и студентов. Не стал исключением и проводившийся 9 февраля 2001 года Итоговый семинар по физике и астрономии по результатам конкурса грантов 2000 года для молодых ученых Санкт-Петербурга.

Такие семинары проводятся в четвертый раз, начиная с 1997 года. Они посвящены подведению итогов конкурсов работ студентов, аспирантов и молодых ученых Санкт-Петербурга, проводящихся в рамках программы, организованной городской администрацией, Конкурсным центром фундаментального естествознания (КЦФЕ) Министерства образования РФ и Российской академией наук. Задачей конкурса является выявление перспективных научных идей молодежи и финансовая поддержка лучших работ. Конкурс проводится для трех групп участников. В первой группе, называемой «Дипломные проекты», участвуют студенты старших курсов, в группе «Кандидатский проекты» — аспиранты и стажеры-исследователи, и, наконец, в третьей группе «Поисковые проекты» рассматриваются работы молодых ученых, недавно защитивших кандидатскую диссертацию. Подобная структура конкурса, с одной стороны, обеспечивает максимальный охват научной молодежи, а, с другой, позволяет достаточно гибко осуществлять поддержку наиболее перспективных направлений исследований.

Благодаря финансовой поддержке со стороны федеральной целевой программы «Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки на 2001–2005 годы» (проект 553) традиционным местом проведения Итоговых семинаров стал Научно-образовательный центр Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе. Участие в работе семинара в новом здании Научно-образовательного центра, оборудованном самой современной техникой, дало возможность его участникам — молодым ученым Санкт-Петербурга — воочию убедиться в том, что у Российской науки есть будущее.

Выступая перед участниками семинара, Ж.И. Алферов отметил, что,

несмотря на бедственное финансовое положение всей Российской науки, поддержка исследований, ведущихся студентами и молодыми учеными, является приоритетной задачей, решение которой позволит России сохранить звание великой державы. По его мнению, Российская наука умрет не тогда, когда закроют научные институты и перестанут платить зарплату их сотрудникам, а тогда, когда на работу в эти институты перестанут принимать молодых специалистов. Поэтому громадное значение имеет организация конкурсов грантов для молодых ученых, проведение молодежных конференций и семинаров, обеспечивающих научный рост молодых ученых, способствующих быстрому формированию самостоятельных исследователей из вчерашних студентов и расширению их научного кругозора.

В Итоговом семинаре 2001 года участвовало более пятидесяти докладчиков из университетов и академических институтов Санкт-Петербурга. В программу включены как экспериментальные, так теоретические работы по оптике, молекулярной физике, физике полимеров, радиофизике, физике плазмы и астрофизике. Следует отметить высокий уровень представленных работ, свидетельствующий о значительных успехах вузовской и академической молодежи в развитии выбранных научных идей. В нынешнем году, как и в прошлом, в программу семинара были включены также работы по биофизике. Хорошо известно, что расширение научного кругозора молодых ученых и их знакомство с новыми идеями в сочетании с применением аналитического подхода и экспериментальных методик, развитых в физике в XX веке, не только способствует становлению молодых специалистов, но и дает мощный импульс для развития новых направлений исследований.

Как и в предыдущие годы, семинар проводился в Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе при финансовой поддержке КЦФЕ. В организации семинара активнейшее участие приняли молодые сотрудники Физтеха, энергия и энтузиазм которых обеспечили успех семинара.

Ученый секретарь
ФТИ им. А. Ф. Иоффе
д. ф.-м. н. Н. С. Аверкиев

Дипломные проекты

Клонирование фрагмента кДНК рецептора церулоплазмينا человека и анализ его филогенетического родства

А. В. Васин

Санкт-Петербургский государственный технический университет

Высокоочищенный препарат рецептора церулоплазмينا (рЦП) мембран эритроцитов человека был выделен методом аффинной хроматографии. Физико-химический и иммунологический анализ препарата рЦП показал, что он частично сходен с церулоплазмином (ЦП). Клон, содержащий вставку кДНК рЦП был изолирован из экспрессионной библиотеки кДНК плаценты человека в векторе *lgт11* методом иммуноскрининга. Частичное секвенирование кДНК рецептора ЦП было проведено в обоих направлениях. Компьютерный анализ первичной структуры двух фрагментов клона, проведенный с помощью программы BLAST в базе данных GenBank, показал, что эти последовательности гомологичны кДНК ЦП человека. Последовательность длиной 638 п.н. (NAF211154) гомологична участку с 4 по 7 экзон кДНК ЦП (81% идентичности). По программе DNASIS последовательность транслируется в единственной рамке считывания.

Вычисленная аминокислотная последовательность на 83% сходна с последовательностью с участком 216E–E427 ЦП, в который частично входят домены 2 и 3. Замены в 63 кодонах рЦП не привели к замене аминокислот, 37 а.о. оказались измененными, причем 22 замены — значимые. Положение оставшихся 175 а.о. идентично в обоих полипептидных цепях. Только один из двух сайтов гликозилирования, содержащихся в сравниваемом участке ЦП (358N), сохраняется в рЦП. Формальный анализ вторичной структуры фрагмента ЦП, содержащего мононуклеарный медьсвязывающий центр, и гомологичного ему участка рЦП, выявил высокое сходство в их вторичной структуре.

Показано, что все известные мембраносвязанные ЦП-подобные ферроксидазы содержат центр связывания меди типа I. Последовательность длиной 257 п.н. (NAF211153) сходна с экзоном 16 ДНК ЦП (194 п.н.) на 76%. Ее транслирование по программе DNASIS выявило единственную аминокислотную последовательность, которая не имеет ни одного гомолога в базе данных GenBank. Эта новая аминокислотная последовательность по гидрофильной шкале Hoop & Woods содержит гидрофобный участок из

27 а.о. Он содержит трансмембранный домен из 16 а.о. (53Н-У68), предсказанный по методу Rao & Argos (программа PC/GENE). Наши данные позволяют отнести рЦП в семейство мембранных ЦП-подобных белков, таких как Fet3, Neph, GPI-CP. Был проведен компьютерный анализ 20-ти белков, вовлеченных в MCM разных организмов (ЦП, рЦП, Neph, Fet3 из *S. cerevisia*, Fet3 из *S. pombe*, Atp7a, Atp7b, Ccc2, CopA, CopB, Aso, Lac, Ccsd, Atx1, Nah1, Cox17, Ctr1) с помощью программы Clustal W и пакета программ Phylip. Были построены филогенетические деревья для мРНК этих белков и выявлено, что последовательность NAF211154 рЦП имеет наибольшее сходство с ЦП, Neph и Fet3 (с филогенетическим расстоянием равным 0,205, 0,580, 1,189, соответственно, вычисленным с помощью программ DNADIST и NEIGHBOUR). Тот же результат получен и для аминокислотных последовательностей. Последовательность NAF211153 рЦП имеет наибольшее сходство с Aso и Ccc2 (с филогенетическим расстоянием равным 0,972 и 1,316, соответственно, вычисленным с помощью программ DNADIST и NEIGHBOUR). Для сравниваемых аминокислотных последовательностей сходство оказалось незначимым.

Эти данные позволяют думать, что ЦП, рецептор ЦП, NERN млекопитающих и FET3 дрожжей имеют общий предковый ген, что опровергает широко признанную рабочую гипотезу о происхождении гена ЦП путем трипликации предкового гена, общего с геном пластоцианина.

Работа поддержана федеральной целевой программой «Интеграция» N 783/89.

Ядерная магнитная релаксация в водных растворах кислот

А. А. Воронцова

СПбГУ

Растворы электролитов являются интереснейшими объектами исследования ввиду их важной роли в физических, химических, биологических и технологических процессах. Данная работа посвящена исследованию микроструктуры водных растворов кислот методом ядерной магнитной релаксации. В растворах электролитов существует несколько механизмов релаксации в результате которых достигается равновесное значение ядерной намагниченности [1, 2]. Было установлено [2], что с помощью исследования ЯМР-релаксации можно получить информацию о координационных числах ионов и временах переориентации молекул растворителя.

В работе исследуются водные растворы следующих кислот D_2SO_4 , H_3PO_4 , $HClO_4$ в температурном интервале от $0^\circ C$ до $+30^\circ C$. При пригото-

влении образцов в качестве растворителя использовалась тяжеловодородная вода. Измерены концентрационные зависимости времен дейтеронной релаксации. Дейтеронный резонанс использовался для того, чтобы избежать трудоемкую процедуру дегазации образцов. Измерения проведены с помощью модернизированного спектрометра SXP 4-100.

В ходе измерений было обнаружено существенное различие в характере концентрационных зависимостей скоростей дейтеронной релаксации в водных растворах кислот и солей. Сделано предположение, что полученное различие обусловлено изменением интенсивности электрического квадрупольного взаимодействия дейтеронов при их переходе из молекулы воды в ион гидроксония. Определены координационные числа ионов ClO_4^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , оценены времена переориентации молекул воды около них.

Список литературы

- [1] В. И. Чижик, *Ядерная магнитная релаксация*, 385 (2000).
- [2] V. I. Chizhik, *NMR relaxation and microstructure of aqueous electrolyte solution. Molecular Physics*, 90, 4, p. 653-656, 1997.

Моделирование межзвездного поглощения с учетом распространенности химических элементов

Д. Н. Дубкова

Санкт-Петербургский Университет

Современные исследования химического состава межзвездного вещества и звезд различных спектральных классов привели к смещению нуля-пункта отсчетов распространенности и дефицита элементов в межзвездной среде [1]. Следствием этого стало то, что *все* существующие модели межзвездных пылинок оказались несостоятельными: для объяснения наблюдаемого межзвездного поглощения они требуют вещества в твердой фазе больше, чем имеется в межзвездной среде.

Для преодоления создавшегося кризиса предлагается рассмотреть модель композитных пористых пылинок. На первом шаге расчетов использована модель многослойных шаров [2].

В результате работы выявлены некоторые особенности поглощения света ансамблями многослойных сферических пылинок и оценен диапазон изменения параметров модели. Проведена интерпретация наблюдений межзвездного поглощения для избранных направлений в Галактике.

Список литературы

- [1] T. P. Snow, A. N. Witt, Interstellar depletions updated: where all the atoms went, *ApJ*, **468**, L65 (1996).
- [2] N. V. Voshchinnikov, J. S. Mathis, Calculating cross sections of composite interstellar grains, *ApJ*, **526**, 257 (1999).

Импульсная активность и модель памяти канонического кортикального модуля

С. А. Евдокимов

Санкт-Петербургский государственный технический университет

Данная работа выполнена в институте мозга человека РАН в лаборатории нейробиологии программирования действия. В работе исследуются новые свойства канонического кортикального модуля (ККМ), описанного ранее в журнале «Сенсорные системы». ККМ является реалистической нейронной сетью. В отличие от искусственных нейронных сетей, ККМ, построенный на основных принципах структурной организации мозга, объединяет многие нейрофизиологические и психофизиологические данные. Это позволяет надеяться, что он достаточно реально отражает функцию мозга в разложении (репрезентации) изображения. Известно, что нейроны обладают импульсной активностью. Есть много моделей, которые объясняют импульсную активность одиночного нейрона, моделируя токи через ионные каналы. Но и группы нейронов — нейронные сети — также обладают суммарной импульсной активностью. В докладе представлена модель нейронной сети (ККМ), которая обладает такой импульсной активностью. ККМ обладает импульсной активностью благодаря тому, что мы учли такие эффекты передачи импульсов между нейронами как депрессия и рефрактарность, имеющие экспериментальное подтверждение. В докладе обсуждается взаимное влияние друг на друга эффектов влияющих на передачу импульса: депрессии и рефрактарности. Показывается влияние депрессии и рефрактарности на импульсную активность нейронной сети независимо друг от друга и при совместном воздействии. Учитывая принцип Хебба в построении ККМ была получена модель памяти. Удалось решить проблему катастрофического забывания в коннективистских нейронных сетях, так как показано свойство ККМ запоминать различные текстуры без забывания ранее приобретенной

информации. По результатам работы подготовлена статья опубликованная в № 4 «Сенсорные системы» 2000 г.

Работа поддержана грантом СПб НЦ РАН № 2.16 и федеральной целевой программой «Интеграция» N 354.

Регуляция взаимодействия миозина с актином актин-связывающими участками кальдесмона

В. С. Ермаков

Санкт-Петербургский государственный технический университет

Известно, что главным регуляторным белком тонких нитей гладких мышц является кальдесмон, который способен ингибировать АТФазную активность актомиозина. Однако молекулярные механизмы регуляции сокращения гладких мышц этим белком изучены не достаточно.

Целью исследования являлось изучение влияния актин-связывающих участков кальдесмона H1 (аминокислотные остатки 506-793) и H2 (остатки 683-767) на конформационные изменения актина, вызванные связыванием с актином головок миозина (S1). Изучение конформационных изменений актина в мышечных волокнах осуществлялось с помощью адекватного для таких исследований метода поляризационной микрофлуориметрии. Сократительные белки в мышечном волокне специфически метятся флуоресцентными зондами, и поляризованная флуоресценция этих зондов измеряется. Регистрируются значения четырех составляющих интенсивности поляризационной флуоресценции.

Полученные данные анализируются с помощью математического моделирования. При изучении мышечного сокращения обычно используют модель-зависимый подход, считая, что анизотропия флуоресценции мышечного волокна хорошо описывается системой, состоящей из ориентированных по спирали и хаотически расположенных флуорофоров. Предполагается, что флуорофоры неподвижны и не взаимодействуют между собой, элементарные акты поглощения и испускания света осуществляются линейными, полностью анизотропными, осцилляторами поглощения и излучения, которые жестко связаны с молекулами флуорофора, оси осцилляторов ориентированных флуорофоров располагаются по спирали вдоль образующей поверхности конуса, ось которого совпадает с осью волокна. Осцилляторы поглощения и излучения образуют при вершине конусов углы Φ_A и Φ_E , соответственно. Величины Φ_A , Φ_E и количество хаотически расположенных флуорофоров (N) рассчитывают исходя из значений четырех составляющих поляризованной флуоресценции. Изменение значений Φ_A ,

ФЕ и N, а также степеней поляризации флуоресценции рассматривают как показатель структурных перестроек мышечных белков.

Было показано, что присоединение H1, H2 и S1 к F-актину вызывает изменение параметров поляризованной флуоресценции FITC. Так S1 в отсутствие фрагментов кальдесмона индуцирует типичные для «сильной» формы связывания миозина с актином изменения ФА и ФЕ. Оказалось, что H1 ингибирует, а H2 активирует эти изменения. Предполагается, что регуляция сокращения гладких мышц кальдесмоном осуществляется ингибированием формирования между актином и миозином существенной для генерации силы «сильной» формы связывания.

Работа поддержана федеральной целевой программой «Интеграция» N 354.

Формирование точечных дефектов в бездислокационном кремнии

В. А. Забелин

Санкт-Петербургский государственный технический университет

В данной работе исследовалось формирование и развитие точечных дефектов в бездислокационном кремнии, выращиваемом по методу Чохральского. При росте кристалла на интерфейсе с расплавом происходит активная диффузия первичных дефектов: вакансий и междоузленных атомов кремния вглубь кристалла. Соотношение вкладов диффузионного и конвекционного транспорта дефектов определяется параметром роста V/G — отношением скорости вытягивания кристалла к нормальному градиенту температуры на границе кристалл/расплав [1].

Расчет концентраций внедренных первичных дефектов производился в рамках квазиравновесной модели, исходя из предположения о быстрой рекомбинации вакансий и междоузленного Si в сравнительно узкой горячей зоне вблизи интерфейса. Рассматривая поток дефектов вглубь кристалла можно получить концентрацию оставшихся первичных дефектов после прохождения горячей зоны. При этом показано, что при превышении параметром роста порогового значения преимущественным типом дефектов являются вакансии, а при параметре V/G меньше порогового — междоузельные атомы Si [2].

При дальнейшем охлаждении кристалла в процессе вытягивания первичные дефекты собираются в кластеры: поры в зоне преобладания вакансий и дислокационные петли в зоне преобладания междоузельных атомов. В рамках данной работы исследовалась эволюция точечных дефектов в обла-

сти преобладания вакансий. Значение температуры нуклеации пор зависит от первичной концентрации вакансий и падает при ее уменьшении [1, 3]. Особенностью выращивания кристалла по методу Чохральского является сравнительно высокая концентрация межузельных атомов кислорода в выращиваемом кристалле, что приводит к выпадению частиц аморфного SiO_2 . Однако, плотность аморфного SiO_2 меньше, чем кремния и рост этих дефектов происходит только при поглощении вакансий. Таким образом, преципитация кислорода происходит только в зоне преобладания вакансий. Кинетика нуклеации и роста частиц SiO_2 аналогична нуклеации и росту пор, однако, учитывается одновременное осаждение атомов кислорода и вакансий.

Эволюция точечных дефектов во времени описывается системой дифференциальных уравнений для концентраций вакансий и атомов кислорода, функций распределения по размерам пор и частиц SiO_2 . Решение этой системы проводилось численным методом. В данной работе показано, что при значительном превышении параметром V/G порогового значения преобладающим типом точечных дефектов являются поры, но при значении V/G близком к пороговому преобладающим типом дефектов являются преципитаты кислорода.

Данная модель позволяет определять распределение по размерам и концентрацию точечных дефектов в кристаллах кремния, выращенных по методу Чохральского, что является крайне важным для современных микроэлектронных технологий и ее дальнейшее развитие позволит оптимизировать процессы роста кристаллов.

Список литературы

- [1] V. V. Voronkov, R. Falster, *J. Cryst. Growth* **194**, 76 (1998).
- [2] V. V. Voronkov, R. Falster, *J. Appl. Phys* **86**, 5975 (1999).
- [3] V. V. Voronkov, R. Falster, *J. Cryst. Growth* **204**, 462 (1999).

Механизм перехода в генерацию инжекционного лазера с точки зрения теории сверхизлучения

Л. Я. Карачинский

Санкт-Петербургский Государственный Технический Университет

Переход от спонтанного излучения к лазерной генерации является очень важным аспектом работы инжекционного лазера. В данной работе показано, что для описания такого перехода в случае полупроводниковых лазерных гетероструктур следует принимать во внимание коллективное резонансное взаимодействие неравновесных носителей заряда. Такого рода

многочастичные взаимодействия имеют место в случае малого расстояния между излучающими центрами по сравнению с длиной волны их излучения и носят название «сверхизлучение Дике». Они приводят к фазировке излучателей и, как следствие, к формированию коротких оптических импульсов. Эти эффекты хорошо изучены теоретически и экспериментально для газовых и твердотельных лазеров. В последние годы интерес к явлению сверхизлучения для случая полупроводниковых гетероструктур неуклонно растет [1, 2, 3].

Были проведены электролюминесцентные исследования InGaAs/GaAs лазерной двойной гетероструктуры с отдельным ограничением (РО ДГС) с квантоворазмерным активным слоем. Спектральные и временные измерения проводились в широком диапазоне температур и токов накачки. Анализ экспериментальных данных позволил описать механизм перехода в лазерную генерацию инжекционных лазеров в терминах теории сверхизлучения [4].

Оценка характеристического времени сверхизлучения показала, что при комнатной температуре ниже порога лазерной генерации характеристическое время сверхизлучения составляет величину порядка 20 фс. Показано, что наличие положительной обратной связи приводит к увеличению длительности импульса сверхизлучения, которая максимальна на пороге лазерной генерации. При комнатной температуре максимальная длительность составила 300 фс, а при температуре кипения жидкого азота 70 фс [4, 5]. Обнаружено, что форма спектральной линии выше порога лазерной генерации имеет сложную структуру, но тем не менее хорошо описывается с помощью предлагаемой модели, представляя собой комбинацию двух конкурирующих резонансных процессов.

Полученные результаты находятся в соответствии с ранее сформулированной гипотезой об особенностях процессов сверхизлучения в полупроводниках.

Список литературы

- [1] A. A. Belyanin, V. V. Kocharovskiy and V. V. Kocharovskiy, *Quantum and Semiclass. Opt.*, **10**, L13 (1998).
- [2] P. P. Vasil'ev, *Quantum Electronics*, **29**, 4 (1999).
- [3] S. V. Zaitsev, N. Yu. Gordeev, L. Ya. Karachinsky, V. I. Kopchatov, I. I. Novikov, I. S. Tarasov, N. A. Pikhtin, V. M. Ustinov and P. S. Kop'ev, *Appl. Phys. Lett.*, **76**, 2514 (2000).
- [4] N. Yu. Gordeev, L. Ya. Karachinsky, V. I. Kopchatov, P. S. Kop'ev, I. I. Novikov, S. V. Zaitsev, *Proc. 8th Int. Symp. Nanostructures: Physics and Technology*, June 19–23, 2000, St Petersburg, Russia, p. 23.

- [5] L. Karachinsky, N. Gordeev, V. Kopchatov, P. Kop'ev, I. Novikov, S. Zaitsev, *Proc. First International Conference for Young Scientists on Laser Optics (LO-YS'2000)*, June 26–30, 2000, St Petersburg, Russia, WeS3-P01, p. 69.

Моделирование пристеночной плазмы токамаков с помощью численного кода B2-SOLPS 5.0

Е. Г. Кавеева

Санкт-Петербургский Государственный Технический Университет

Многие явления, определяющие поведение всей плазмы и характерное время удержания частиц и энергии в ней, критическим образом зависят от красных эффектов. Одним из таких эффектов является переход к режиму улучшенного удержания (H-mode). Понимание процессов в пристеночной плазме особенно важно при проектировании экспериментального реактора ITER.

Объектом данной работы является компьютерное моделирование пристеночной плазмы. В качестве базового варианта взят используемый на многих установках мира B2-код. Расчеты проводились для параметров токамака ASDEX-Upgrade. Код был серьезно модифицирован. Включение электрических и диамагнитных дрейфов, учет токов, связанных с вязкостью и инерцией дали возможность адекватно описать электрическое поле и потоки частиц и увеличить эффективность работы кода. Аккуратный учет токов позволил избежать задания в коде большой физически не оправданной аномальной проводимости. Во внутренней части плазмы полученный численный профиль потенциала практически совпадает с неоклассической теорией, вблизи сепаратрисы - определяется аномальной компонентой вязких сил и связанными с ней токами.

Было проведено моделирование нейтральной инжекции (раскручивания плазмы в тороидальном направлении пучком нейтральных атомов) и построена простая аналитическая модель для перераспределения потоков частиц и тепла между пластинами дивертора.

Таким образом, в результате работы создан новый численный код для описания пристеночной плазмы и промоделирована пристеночная плазма для различных режимов токамака ASDEX-Upgrade.

Оптический конструктор, моделирующее ядро и программная среда электронного учебника

К. П. Колинко

Санкт-Петербургский государственный университет

kkolinko@mail.ru

Основой электронного мультимедийного учебника является сочетание моделирующей программы и специализированной гипертекстовой оболочки, объединённых в единый продукт. Задачей моделирующей подсистемы является проведение модельных экспериментов (как предусмотренных автором, так и созданных пользователем), а также предоставление возможностей для качественного и численного анализа полученных результатов. Задачей гипертекстовой подсистемы является хранение и отображение иллюстрированной гипертекстовой информации, запуск демонстрационных экспериментов и внешних программ для просмотра видеоматериалов. Отдельное внимание уделяется возможности распечатки материалов учебника для получения их бумажной копии.

В основе существующего моделирующего ядра программы лежат два принципа: объектно-ориентированный подход и принцип модульности. Моделируемая ситуация представлена как набор объектов (элементов оптической системы, в том числе источников света), взаимодействие между которыми моделирует программа. В основе модели лежит некоторая абстрактная схема эксперимента, которая, используя технологию полиморфизма, во время расчёта оказывается связанной с конкретными свойствами моделируемых объектов. Расчётный цикл программы, таким образом, оказывается не связан непосредственно с используемыми в эксперименте объектами, а оперирует некоторыми базовыми понятиями, реализация которых полностью заключена уже в конкретных объектах эксперимента. Это позволяет разделить программу на несколько независимых модулей/библиотек. Наличие такого разделения позволяет адаптировать её для использования различными категориями пользователей.

Отдельную, существенную, часть работы над учебниками составляют видеоматериалы. Например, обработка одного видеофрагмента продолжительностью около 3 минут требует примерно 2 дней работы. Для воспроизведения видеоматериалов в учебнике используется внешняя программа, например Media Player. По нашему опыту, это более удобно для пользователя, т.к., например, даёт возможность лекционной демонстрации видеофрагментов, используя всю площадь экрана. Используемый нами формат сжатия видеоизображения MPEG-1 позволяет это без значительных иска-

жений в качестве.

Создаваемые нами электронные пособия, в частности данный электронный учебник, предназначены для поддержки квалифицированного преподавания физики в школах, на нефизических специальностях ВУЗов, а также как иллюстративный материал на лекциях физических специальностей, если демонстрация реальных экспериментов по каким-либо причинам невозможна. Возможно использование учебника для самостоятельного образования, но при этом рекомендуется наличие внешнего методического контроля (заочное либо дистанционное образование).

Расчет размерности составного оператора $\phi' \Delta \phi'$ при произвольной размерности пространства в стохастической теории развитой турбулентности.

М. В. Компаниец

Санкт-Петербургский Государственный Университет

Ренормгрупповой (РГ) подход в стохастической теории турбулентности, впервые предложенный в работе [1], является сейчас одним из стандартных методов исследования режима изотропной однородной развитой турбулентности несжимаемой жидкости или газа.

До последнего времени все расчеты в теории турбулентности ограничивались низшим нетривиальным порядком ϵ -разложения, что соответствует однопетлевому приближению. Первый двухпетлевой расчет в стохастической теории турбулентности был выполнен лишь недавно в работе [2] для случая «реальной размерности пространства» $d = 3$. В следующей работе [3] был произведен двухпетлевой расчет в теории турбулентности с переменной размерностью пространства $d = 2 + 2\Delta$ (с последующим переходом к реальному значению $d = 3$). Анализ результатов этих двух работ выявил особую важность составного оператора.

Данная работа посвящена исследованию поведения этого составного оператора при различных размерностях пространства. Найдена размерность оператора при $d = 2.5$, $d = 3$, $d = 5$ и асимптотические разложения при $d \rightarrow 2 + 0$ и $d \rightarrow \infty$.

Анализ полученных выражений для размерности составного оператора позволил выявить причину аномально больших поправок к таким важным физическим величинам как константа Колмогорова и поправочный индекс.

Список литературы

- [1] Л. Ц. Аджемян, Н. В. Антонов, А. Н. Васильев, *Успехи физ. наук* Т.166 С.1257-1284, 1996
- [2] Л. Ц. Аджемян, А. Н. Васильев, Ю. С. Кабриц, М. В. Компаниец, *Вестн. С.-Петербург. ун-та* Сер. 4. 2000. Вып. 1(N 4). с.3-12.
- [3] Л. Ц. Аджемян, А. Н. Васильев, Ю. С. Кабриц, М. В. Компаниец, *Вестн. С.-Петербург. ун-та* Сер. 4. 2000. Вып. 3(N 20), с.136-138.

Влияние индуцибельной экспрессии онкобелка Ras на дифференцировку клеток тератокарциномы мышцы F9

А. В. Красикова

Санкт-Петербургский государственный технический университет

Ключевую роль в онкогенезе играют мутации протоонкогенов и генов опухолевых супрессоров. Одним из протоонкогенов, наиболее часто активированных в самых различных новообразованиях, является ген *ras*. Это объясняется тем, что продукт гена *ras* — мембранно-связанная ГТФаза Ras — участвует в регуляции деления, выживаемости и дифференцировки клеток. В активную ГТФ-связанную форму белок Ras переходит как в случае активации различных рецепторов клеточной поверхности, так и при наличии онкогенных мутаций в гене *ras* в кодонах 12,13 и 61 (например, в саркоме Харвея: *c-Ha-ras*). При этом Ras активирует несколько мишеней и запускает несколько сигнальных каскадов. Из них лучше всего изучены пути Ras — Raf/Erk и Ras — PI3K — PKB/Akt. Через эти каскады Ras участвует и в регуляции апоптоза — программируемой клеточной гибели. При наличии конститутивной экспрессии онкогенов *ras* реализоваться могут как проапоптотические, так и антиапоптотические сигналы (мишени Raf и PI3K соответственно). В частности, в эпителиальных клетках онкогенный Ras подавляет процесс апоптоза (анойкиса), вызванного в ответ на открепление клеток от внеклеточного матрикса. Кроме того, в некоторых случаях наличие активной формы Ras необходимо, чтобы индуцировать дифференцировку клеток.

Данная работа направлена на исследование роли онкогенного Ras в дифференцировке клеток и ингибировании апоптоза в клеточной линии F9 эмбриональной карциномы мышцы. Ранее в нашей лаборатории было показано, что при дифференцировке, индуцированной ретиноевой кислотой (RA), клетки F9 приобретают чувствительность к внеклеточному матриксу как к фактору выживания. Это позволяет использовать клетки F9 как

модельный объект для изучения механизмов анойкиса. Для этого в лаборатории были получены производные клеток F9, экспрессирующие индуцибельный онкоген *c-Ha-ras*. Индукция экспрессии онкогенного *Ras* должна происходить при изъятии доксициклина из среды культивирования. В нашу задачу входит изучение индуцибельной экспрессии белка *Ras* в производных клетках F9, анализ влияния онкогенного *Ras* на структуру клеточного цикла в этих клетках и исследование вмешательства индуцибельного *Ras* в процесс анойкиса в дифференцированных клетках-трансформантах.

На данный момент получены следующие результаты. Методом иммуноблоттинга производных клеток F9 мы показали, что белок *Ras* со временем накапливается после изъятия доксициклина из среды культивирования. Анализ морфологии, кривой роста популяции и структуры цикла этих клеток после индукции экспрессии белка показал, что *Ras*, по-видимому, полноценной дифференцировки клеток не вызывает. Исследование структуры клеточного цикла методом проточной цитофлюорометрии после обработки клеток RA и изъятия доксициклина из среды показало, что *Ras* не мешает нормальной дифференцировке клеток, но влияет на свойство клеток гибнуть при отрыве от субстрата.

Работа поддержана федеральной целевой программой «Интеграция» N 354.

Аналитическое и численное исследование равновесных характеристик капли с заряженным ядром конденсации во внешнем электрическом поле

М. С. Кшевецкий, А. К. Щёкин

Санкт-Петербургский Государственный Университет,

НИИ физики, Отдел теоретической физики

kl@paloma.spbu.ru

Нередко образование атмосферных аэрозолей происходит на заряженных частицах в присутствии внешнего электрического поля. Подобная ситуация возникает и во многих технических приложениях, где поля могут быть достаточно сильными. Изучение влияния электрических полей на процесс образования капель является, таким образом, актуальной задачей.

При описании процессов конденсации капель во внешних и внутренних электрических полях одной из главных задач является исследование влияния электрического поля на равновесные характеристики капли. Для этого круга задач наиболее интересна информация о влиянии поля на химический потенциал молекул конденсата и работу образования капли. Кроме того,

важными оказываются профиль капли и его устойчивость в электрическом поле, а также зависимость этих характеристик от параметров задачи.

Изучались равновесные характеристики диэлектрической капли с заряженным ядром конденсации в сильных электрических полях. Считается, что ядро конденсации под действием электрического поля смещается из центра масс капли в новое положение равновесия. Численно и аналитически найдены профиль капли, смещение ядра конденсации, химический потенциал и работа образования капли.

В этой задаче за счет смещения ядра конденсации профиль капли принимает «грушевидную» форму, при этом само ядро в зависимости от своей массы может сместиться как вперед (вдоль поля), так и назад, причем характер такого смещения практически не зависит от заряда ядра конденсации. Выражение для работы образования капли будет содержать в себе знакопеременный вклад, зависящий от направления смещения ядра конденсации. Этот вклад отрицателен, когда ядро конденсации смещается вдоль направления поля, и положителен в обратном случае. Подобное поведение для химического потенциала конденсата в ходе численного исследования не обнаружено, однако отмечено, что увеличение массы ядра конденсации способствует увеличению химического потенциала конденсата.

Работа выполнена при поддержке Конкурсного Центра Фундаментального Естествознания (КЦФЕ) Минобразования Российской Федерации (программа поддержки молодых учёных, грант М2000-2.4Д-561).

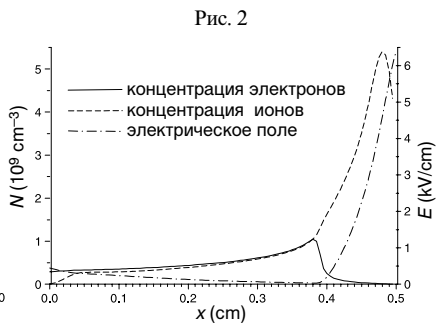
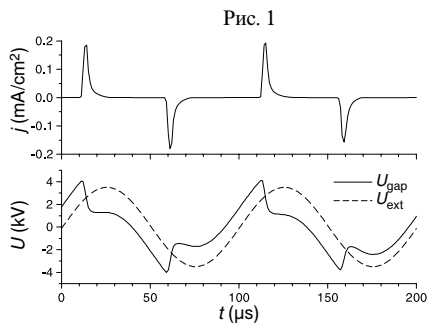
Моделирование однородного тлеющего разряда атмосферного давления

В. А. Майоров

Санкт-Петербургский Государственный Университет

Одним из видов тлеющего разряда при атмосферном давлении является разряд переменного тока между двумя плоскими электродами, покрытыми диэлектриком (барьерный разряд). В некоторых случаях разряд остается однородным в плоскости электродов, в частности, в чистом гелии и азоте. Теоретическое исследование такого разряда может дать информацию о механизмах зажигания и причинах устойчивости разряда.

Модель разряда в гелии основывается на уравнениях непрерывности для заряженных частиц, уравнении Пуассона и уравнениях для поверхностных зарядов на стенках. Произведены расчеты для напряжения частотой 10 кГц. Электрические характеристики представлены на Рис. 1. Зависимость тока специфична для преобладающей прямой ионизации. В случае



узкого разрядного промежутка (0.1 см) реализуется Таунсендовский разряд. В широком промежутке (0.5 см) развивается тлеющий разряд и появляется квазинейтральная плазма, распадающаяся далее за счет рекомбинации. Электрическое поле и концентрации заряженных частиц после зажигания приведены на Рис. 2.

Исследование кинетики ионизации в азоте показывает, что преобладающим механизмом может стать различного рода ассоциативная ионизация. Электронная лавина не развивается, и временная зависимость тока изменяет вид. В азоте для не слишком больших разрядных промежутков разряд является Таунсендовским.

Возбуждение параметрического резонанса при коллективном взаимодействии когерентного электромагнитного поля с оптически плотной резонансной неинвертированной средой

В. С. Егоров, И. Б. Мехов, П. В. Морошкин, А. Н. Федоров,
И. А. Чехонин

Санкт-Петербургский государственный университет,
Mekhov@usa.net

В данной работе рассматриваются процессы взаимодействия лазерного излучения с оптически плотной протяженной средой без инверсии заселенностей. Проанализировано усиление слабого пробного поля в среде двухуровневых резонансных атомов, накачиваемой широкополосным полихроматическим лазером на красителе. Теоретическое описание модели основывается на решении системы полуклассических уравнений Максвелла–Блоха. При изучении взаимодействия ансамбля двухуровневых атомов с электромагнитным полем особое внимание было уделено случаю, когда концентра-

ция атомов на нижнем уровне превосходит плотность фотонов внешнего поля, что приводит к существенной роли фотонов реакции среды и к коллективному поведению атомной системы. Значительная величина коэффициента связи между полем и веществом обеспечивает быстрый обмен фотонами между пробной волной и атомами. Это соответствует осцилляциям коллективного вектора Блоха около положения равновесия. Квазипериодическая модуляция разности заселенностей полем накачки воздействует на коэффициент связи и при некоторых условиях ведет к возбуждению параметрического резонанса на частотах, близких к частотам коллективного взаимодействия. В отличие от случая пространственно однородной задачи (взаимодействие в резонаторе), где частота обмена фотонами равна кооперативной частоте среды, анализ эффектов распространения показывает наличие зависимости частоты обмена от пространственной координаты и появление пространственных кооперативных решеток.

Теоретическое исследование было произведено для случая положительного столба тлеющего разряда в неоне при давлении 1 тор. В качестве основного состояния двухуровневой системы был выбран нижний метастабильный уровень неона. Рассматривался резонансный атомный переход с длиной волны 588.2 нм. В описанных условиях концентрация метастабильных атомов в разряде принимает значения порядка 10^{12} см^{-3} .

Представляется вероятным, что эффект коллективного параметрического резонанса имеет непосредственное отношение к явлению конденсации спектра многомодового лазера на красителе с внутрирезонаторной узкополосной поглощающей ячейкой.

Резонансный магнитоэлектрический эффект в магнитоупорядоченных материалах

А. А. Никифоров, Д. А. Филиппов

НовГУ им. Ярослава Мудрого, каф. ФТТМ

В некоторых магнитоупорядоченных материалах в СВЧ области наблюдается резонансный МЭ эффект. Этот эффект заключается в том, что в области ферро- или антиферромагнитного резонанса наблюдается сдвиг резонансной линии ФМР или АФМР под действием статического или низкочастотного внешнего электрического поля. Совместное действие спин-орбитального взаимодействия, нечетной части потенциала внутрикристаллического поля и внешнего электрического поля приводит к вкладу в свободную энергию, который можно интерпретировать как изменение константы анизотропии под действием электрического поля. Это изменение

приводит к сдвигу частоты антиферромагнитного резонанса, который в кристаллах без центра инверсии будет линейным по внешнему электрическому полю. Для расчета в рамках этой модели резонансного МЭ эффекта необходимо определить величину кристаллического поля и расщепление энергетических уровней магнитного иона во внутрикристаллическом поле. Необходимо также найти волновые функции основного и возбужденных состояний, которые представляют собой линейные комбинации волновых функций свободного иона. В приближении среднего кристаллического поля, когда взаимодействие электронов с кристаллическим полем V_{cr} много меньше электростатического взаимодействия электронов V_{ee} удобно использовать метод эквивалентных операторов Стивенсона. В действительности это не всегда имеет место (в частности в случае ионов группы железа). Это указывает на то, что необходимо рассмотреть случай промежуточного поля. В случае промежуточного поля следует рассматривать V_{cr} и V_{ee} одновременно используя метод неприводимых тензорных операторов Рака. Этот метод позволяет учесть взаимодействие между различными состояниями, характеризующимися полным орбитальным L и спиновым S моментом. Основной проблемой является расчет коэффициентов разложения кристаллического потенциала, которые определяются только типом окружающих ионов и симметрией кристаллической структуры. Нами установлено, что при суммировании не по сфере, а по элементарной ячейке потенциал кристаллического поля сходится к конечному значению уже после нескольких трансляций. Для окиси хрома определены величины четных и нечетных компонент кристаллического поля и расщепление энергетических уровней изолированного иона во внутрикристаллическом поле. Найдены волновые функции основного и возбужденных состояний иона хрома в кристалле окиси хрома. Полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными, погрешность составляет порядка 5%.

Численное моделирование деформирования и разрушения сред с полиморфными фазовыми переходами

Е. А. Ноткина

Физико-Технический Институт им. А. Ф. Иоффе РАН

Работа посвящена построению численного алгоритма моделирования ударно-волнового деформирования и разрушения конденсированной среды с полиморфными фазовыми переходами (примером такой среды является железо). В процессе работы составляется программа, которая позволяет получить картины распространения ударных волн в двумерном образце

материала произвольной заданной формы и его разрушения при импульсном нагружении.

В процессе работы сформулирована математическая модель взрывного и ударного деформирования среды в одномерном и двумерном случаях. Полиморфный фазовый переход учитывается особой формой уравнения состояния. Разработан численный метод решения уравнений модели, обеспечивающий адекватное описание распространения возмущений в средах с аномальными свойствами. Метод реализован на неструктурированной адаптивной расчетной сетке, учитывающей особенности рассматриваемых течений и позволяющей получить достоверные результаты при реальных компьютерных ресурсах. Увеличение точности достигается путем сгущения узлов в областях больших градиентов полей физических величин. Произведены тестовые расчеты, доказывающие точность и эффективность разработанного алгоритма.

Расчеты производились для железа. Рассматривался фазовый переход $\alpha - \varepsilon$ (при давлении ~ 13 ГПа). Получены поля давления и скорости при соударении двух плоских пластин и при взрыве на поверхности слоя железа. Показано, что существует три качественно различных режима распространения импульса нагрузки в образце. Проанализировано взаимодействие ударных волн, распространяющихся от двух синхронных взрывов на поверхности железного образца. В частности, получена зависимость критического угла взаимодействия волн (угла, при котором уже невозможно регулярное взаимодействие) и получаемого при этом давления от амплитуды нагрузки, зависимость максимального давления от угла схождения волн.

Получены подробные картины распространения и взаимодействия волн в двумерном железном образце при взрыве на его поверхности с параметрами, соответствующими условиям промышленной резки с помощью параллельных ленточных зарядов.

Улучшение характеристик лазерных гетероструктур в системе A_2B_6

И. И. Новиков

Санкт-Петербургский Государственный Технический Университет

Гетероструктуры на основе системы материалов A_2B_6 , несмотря на значительный прогресс в создании нитридных соединений, все еще остаются объектом исследований при создании оптоэлектронных приборов (лазеров и светодиодов), излучающих в сине-зеленой области спектра. При этом

основные усилия направлены прежде всего на увеличение времени жизни этих гетероструктур.

Важными задачами являются улучшение люминесцентных параметров и увеличение времени жизни гетероструктур A_2B_6 , что напрямую связано с защитой активной области от проникновения и развития протяженных и точечных дефектов. В силу низкой энергии активации дефектообразования, относительно высоких напряжений открытия р-р-перехода и, как следствие, больших рабочих мощностей, характерных для большинства широкозонных соединений A_2B_6 , развитие и умножение дефектов происходит практически уже в начальный момент работы диода.

Очень перспективными для создания волноводных и эмиттерных слоев считаются короткопериодные сверхрешетки (СР). Подобная сверхрешетка препятствует проникновению различных дефектов в активную область, эффективно останавливая их на границе эмиттер-волновод, кроме того, обеспечивая одновременное улучшение оптического и электронного ограничения. Кроме того СР значительно компенсирует напряжения, возникающие из-за несоответствия постоянных кристаллической решетки подложки и эпитаксиальных слоев. В данной работе для роста волноводных слоев лазерных структур использовались короткопериодные СР тройных соединений $ZnSe/BeZnSe$.

Исследованы деградационные характеристики светоизлучающих диодов на основе системы материалов A_2B_6 . Несмотря на высокие рабочие плотности тока, необходимого для получения достаточного количества света, структуры показали относительно высокую деградационную устойчивость. Эти исследования проводились при комнатной температуре и при постоянной плотности тока накачки. Для гетероструктуры был определен критический ток накачки $I_{кр}$, при котором наступала моментальная деградация образцов — по сути, разрушение за счет очень сильного электротермического разогрева. Плотность критического тока составила величину $7.5\text{--}8.5 \text{ кА/см}^2$.

Мы предполагаем, что использование СР в исследованных структурах влияет и на тепловой режим работы светодиодов, изготовленных на их основе. Основной объем тепла выделяется в активной области прибора, и существенным фактором является тепловое сопротивление волноводных слоев и эмиттеров. Для сверхрешеток в системе A_3B_5 экспериментально установлено [3], что увеличение числа слоев бинарных соединений при одновременном их утоньшении приводит к значительному уменьшению теплового сопротивления по сравнению со слоем тройного соединения той же толщины. Возможно, подобная ситуация реализуется и в системе

материалов A_2B_6 , и увеличение времени жизни светодиодов может быть связано в том числе и с этим эффектом. Таким образом, использование короткопериодных сверхрешеток и соединений бериллия позволяет значительно увеличить деградационную стабильность светоизлучающих диодов в системе материалов A_2B_6 .

Список литературы

- [1] S. Nakamura, M. Senoh, S. Hagahama, N. Iwasa, T. Yamada, T. Matsushita, Y. Sugimoto, H. Kiyoku, *Appl. Phys. Lett.*, **70**, 1417 (1997).
- [2] S. Taniguchi, T. Hino, S. Itoh, K. Nakano, N. Nakayama, A. Ishibashi, M. Ikeda, *Electron. Lett.*, **32**, 552 (1996).
- [3] W. S. Capinski, M. Cardona, D. S. Katzer, H. J. Maris, K. Ploog, T. Ruf, *Physica B* **263-264** 530-532 (1999).

Компьютерный анализ последовательности минисателлита UPS29 человека

И. В. Огнева

Санкт-Петербургский государственный технический университет

Исследование микро- и минисателлитной ДНК имеет особое значение в связи с открытием их роли в целом ряде распространенных наследственных нейродегенеративных патологий и ряда видов рака. У человека обнаружен ряд низко- и гипермутабельных минисателлитов, причем перестройки этих сателлитов происходят как в онтогенезе, так и при межгенерационной передаче, и степень перестройки зависит от пола родителя-носителя данного минисателлита. Целью данной работы являлся компьютерный анализ последовательности ранее никем не исследованного GC-богатого минисателлита человека и поиск его гомологов у лабораторных животных.

В ходе экспериментов была получена космида, в которой клонирован образец (полностью секвенирован) человеческой ДНК размером 34175 п. н. (G. Vergnaud, Институт Микробиологии, Париж). После анализа данной последовательности с помощью программы SEQUIN выяснилось, что в полученной космиде присутствуют два гена. Первый ген — Human amiloride sensitive sodium channel delta subunit (dNaCh) — хорошо изучен. Второй ген (ген2), находящийся в данной космиде, принадлежит, как предполагается, к тому же генному семейству, что и ген dNaCh, но в отличие от него еще не изучался. Ген2 сходен с геном dNaCh тем, что в одном из интронов имеет ранее не изучавшийся минисателлит, который был назван UPS29. Минисателлит UPS29 является GC-богатым: 74%, что значительно выше,

чем в среднем ($\sim 50\%$) в геноме млекопитающих. С помощью пакета программ LaserGene было показано, что в последовательности UPS29 есть сайты, гомологичные некоторым горячим точкам рекомбинации, а также четыре сайта для топоизомеразы I. Неизвестно, является ли минисателлит UPS29 гипермутабельным, однако, судя по его обогащенности последовательностью, вносящей вклад в нестабильность минисателлитов человека по зародышевой линии, можно предположить, что UPS29 скорее всего нестабилен. Используя программу GeneQuest, последовательность минисателлита UPS29 проанализировали с целью выявления возможного образования шпилечных структур. В итоге выяснилось, что в данной последовательности не могут образовываться шпилечные структуры в нативных условиях, и источником нестабильности такого минисателлита, скорее всего будут являться рекомбинационные процессы. Теоретически было показано, что в минисателлите имеется 12 сайтов для рестриктаз-изошизомеров Msp I и Hpa II, которые специфически расщепляют сайт CCGG в зависимости от наличия метилирования внутреннего цитозина. Используя базы данных EMBL и GeneBank для нескольких экзонов гена2 (в том числе и экзонов, фланкирующих минисателлит UPS29) у *Mus musculus* была выявлена последовательность, которая экспрессируется в гипоталамусе и имеет мРНК размером 322 п.н. При этом уровень гомологии составил 86%. Полученные теоретические результаты легли в основу серии экспериментов, которые позволили выделить минисателлит UPS29 человека и его мышинный гомолог, что в дальнейшем дает возможность провести их изучение в модельных экспериментах на лабораторных животных и клеточных культурах.

Работа поддержана федеральной целевой программой «Интеграция» N 783/89.

Формирование и релаксация тепловых динамических голограмм в растворах фуллеренов

А. Л. Пяйт

Санкт-Петербургский Государственный Институт Точной Механики и Оптики

Динамические голограммы могут применяться для коррекции волновых фронтов лазерного излучения, обработки и усиления оптических изображений, изучения различных сред и быстропотекающих процессов в них. При записи тонких динамических голограмм в фотоактивных средах можно наблюдать различные порядки самодифракции, а также дифракцию дополнительного зондирующего пучка с переменной задержкой. Данные процес-

сы позволяют исследовать кинетику спада оптического возбуждения среды и измерить характерное время релаксации, связанное с химическим или иным процессом [1]. В настоящей работе представлены результаты численного анализа формирования динамических голограмм в толуольном растворе фуллерена C_{60} при записи импульсным излучением с длительностью 10 нс. и длиной волны 532 нм, проведено сравнение с экспериментом [2] и исследована динамика жизни созданной решетки. Для описания нелинейного поглощения в среде учитывалось обратное насыщенное поглощение, механизм которого описывается с помощью шестиуровневой энергетической схемы фуллерена [3]. При численном моделировании эволюции динамических голограмм решалась система балансных уравнений, описывающих движение заселенностей в шестиуровневой схеме энергетических подуровней фуллерена, система уравнений для поглощения с различных уровней в зависимости от времени и координат (продольной и поперечной) и уравнения теплопроводности для всей голограммы. С использованием данного подхода была рассчитана тепловая решетка, получающаяся к моменту окончания действия лазерного импульса, ей была сопоставлена решетка изменения показателя преломления. Вследствие поглощения с возбужденных уровней отклик среды становится существенно нелинейным, штрих фазовой тепловой решетки приобретает близкую к прямоугольной форму, что приводит к появлению многих порядков при дифракции на данной структуре. Далее при помощи преобразования Фурье для функции, описывающей изменение показателя преломления, была проведена оценка дифракционной эффективности ДГ в различные порядки дифракции. Было произведено сравнение результатов численного моделирования с экспериментальными данными [2], и было получено хорошее качественное и количественное соответствие. Анализ релаксации тепловой решетки после окончания длительности импульса показал, что на изменение профиля решетки оказывает влияние остаточная заселенность триплетных подуровней, но доминирующим является процесс сглаживания решетки в области минимумов, что приводит к быстрому падению интенсивности в дифракционных максимумах. Изначально система «фуллерен-растворитель» использовалась как среда, служащая для ограничения интенсивного оптического излучения [4]. Сочетание регулярной ДГ, формируемой с использованием приходящего лазерного излучения, от которого и происходит защита, и оптического ограничителя может приводить к более эффективному ограничению излучения, так как одновременно протекает процесс самодифракции на создаваемой интерференционной структуре, и часть излучения уходит в порядки дифракции. На основании проведенных расчетов можно сделать

следующие выводы: по причине явления обратного насыщенного поглощения профиль решетки изменения показателя преломления становится близким к прямоугольному, что является причиной появления побочных дифракционных максимумов; на процесс релаксации решетки влияет большее время жизни триплетных подуровней и тепловая диффузия, приводящая к быстрому падению интенсивности в дифракционные максимумы. В данной работе представлена модель формирования и релаксации тепловых динамических голограмм в растворах фуллеренов, которая адекватно описывает исследуемые явления. Данная модель может быть использована для создания устройств защиты от интенсивного лазерного излучения.

Список литературы

- [1] Д. И. Стаселько, *Труды ГОИ*, **67**, (201), 12 (1988).
- [2] В. П. Белоусов, И. М. Белоусова, В. Г. Беспалов и др., *Опт. журнал*, **64**, 82 (1997).
- [3] S. Couris, E. Koudoumas, A. A. Ruth et al, *J. Phys.* **B28**, 4537 (1995).
- [4] V. V. Golovlev, W. R. Garrett, C. H. Chen, *J. Opt. Soc. Am. B*, **13**(12), 2801 (1996).

Длинноволновое излучение в структурах с InGaAs/GaAs квантовыми точками

Д. С. Сизов

Санкт-Петербургский Государственный Технический Университет

Основной проблемой для реализации длинноволнового излучения в КТ является необходимость использования КТ достаточно больших размеров, что может привести к значительному увеличению плотности дислокационных дефектов вследствие накопления критически больших полей упругих напряжений. Был предложен ряд методов реализации бездефектных структур на основе КТ с длинноволновым излучением, например: использование сверхмалых скоростей роста, послойное осаждение In и As, выращивание КТ внутри InGaAs КЯ. Нами был предложен метод получения структур излучающих на длине волны 1.3 мкм при заращивании InAs КТ слоем InGaAs. Образцы выращивались методом молекулярно-пучковой эпитаксии Массив InAs КТ, сформированных по механизму Странского-Крастанова заращивался слоем твердого раствора InGaAs с содержанием In 10–20%, после чего структура заращивалась GaAs. По данным просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), заращивание КТ слоем InGaAs приводит к увеличению среднего размера КТ. Вследствие релаксации упругих напряжений, период кристаллической решетки верхней части островков

близок к периоду решетки InAs, и в процессе зарастивания островково-го слоя раствором InGaAs атомам In более выгодно встраиваться вблизи островков. Это приводит к образованию вокруг островков областей с большей концентрацией In, что ведет к увеличению эффективных размеров КТ. Фотолюминесцентные (ФЛ) исследования показали длинноволновый сдвиг линии ФЛ при зарастивании InAs КТ слоем InGaAs.

Этот эффект объясняется увеличением размера островков, и, кроме того, изменением полей напряжений. Кроме того, зарощенные InGaAs КТ располагается в КЯ, образованной слоем InGaAs. Все эти эффекты усиливаются с ростом толщины слоя InGaAs и концентрации In. Однако, превышение критического количества материала InAs может привести к резкому увеличению количества дислокационных дефектов, что сопровождается оттоком атомов In на дислокации, а также уменьшением интенсивности излучения. Нами найден диапазон параметров (размеры начальных островков, толщину InGaAs слоя и концентрацию индия в нем), позволяющий реализовать максимальную длину волны излучения без существенного снижения качества структуры. В результате оптимизации реализованы структуры с интенсивной ФЛ в районе 1.3 мкм при комнатной температуре. На основе таких структур были выращены лазеры, продемонстрировавшие высокую температурную стабильность пороговой плотности тока, дифференциальную эффективность около 55%, пороговую плотность тока 60 А/см², мощность излучения 2.7 ватт. Также, на основе подобных структур впервые в мире был получен поверхностно-излучающий лазер, излучающий на длине волны 1.3 микрона.

Двухфотонный когерентный контроль атомного столкновения классическим и перепутанным светом

Д. В. Куприянов, *А. В. Славгородский*, И. М. Соколов

Санкт-Петербургский государственный технический университет

avs@quark.stu.neva.ru

Исследование широкого спектра процессов (холодных и ультрахолодных столкновений, фотоассоциации, фотодиссоциации, фотохимических реакций, оптических и фракционных столкновений, столкновительного перераспределения света), обнаружило новые и, зачастую, удивительные эффекты, связанные со столкновением и со свойствами света, используемого для изучения динамики столкновения. Во многих случаях динамические корреляции внутренних переменных сталкивающихся частиц оказывают существенное влияние на результат столкновения. Для светоиндуцирован-

ных процессов имеется зависимость сечения от классических характеристик света, т.е. от поляризации, частоты.

Благодаря достижениям в исследованиях фотохимических процессов на фемтосекундной временной шкале, как было недавно показано в экспериментах по атомным столкновениям, стало возможным исследовать систему сталкивающихся частиц непосредственно в области их взаимодействия с помощью света, и выбрать небольшой участок столкновительной траектории. Подобный процесс, названный фракционным оптическим столкновением, является примером двухфотонной спектроскопии в непрерывном спектре, где первый и второй фотоны используются, соответственно, для инициирования и прерывания столкновения в промежуточном состоянии сталкивающейся системы. До настоящего времени фотовозбуждение осуществлялось двумя независимыми источниками света.

Мы описываем способ контроля результата фракционного столкновения с помощью источников света, между которыми существуют квантовые корреляции. Наш подход основан на требовании, согласно которому фотонные корреляции должны интерферировать с корреляциями, связанными с динамикой столкновения. В описании статистики света нами использован полностью квантовый подход, который позволит нам обсуждать различие в предсказаниях классической и квантовой электродинамики.

Важность указанных выше эффектов проиллюстрирована квантово-механическим анализом фракционного столкновения на примере столкновения атомов магния и неона. Результаты теоретических вычислений сравниваются с экспериментальными данными для этой пары атомов.

Слабая локализация в квазидвумерных системах

С. А. Тарасенко

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН

Эффект слабой локализации состоит в интерференции волн, распространяющихся вдоль одной траектории в противоположных направлениях. Различные процессы фазовой релаксации или магнитное поле разрушают когерентность и поэтому позволяют наблюдать этот эффект. Одним из самых ярких проявлений слабой локализации является аномальное поведение сопротивления в области классически слабых магнитных полей. С ростом магнитного поля все большее количество замкнутых траекторий перестает вносить вклад в слабую локализацию, что и приводит к отрицательному (аномальному) магнитосопротивлению.

В настоящей работе построена теория слабой локализации для ква-

зидвумерных систем с несколькими заполненными уровнями размерного квантования. Показано, что поправка к проводимости, обусловленная слабой локализацией, $\Delta\sigma$ сильно зависит от относительной концентрации носителей в подзонах и интенсивности межподзонного рассеяния. В частности, в m -уровневой системе при совпадающих временах релаксации импульса в подзонах и сравнимых заселенностях поправка $\Delta\sigma$ уменьшается в m раз при переходе от изолированных уровней к системе с очень интенсивным межподзонным рассеянием. Причина этого явления состоит в том, что слабо-локализационная поправка $\Delta\sigma$ определяется числом проводящих каналов, эффективное количество которых уменьшается с увеличением интенсивности межподзонного рассеяния.

Сравнение полученных результатов с экспериментальными данными позволяет определять различные кинетические параметры структур, такие как времена сбоя фаз в подзонах и интенсивность межподзонного рассеяния.

Исследование нелинейного спин-волнового пленочного СВЧ интерферометра

А. Б. Устинов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
e-mail: eivt@eltech.ru

В настоящее время разработаны различные (как линейные, так и нелинейные) устройства обработки СВЧ сигналов [1]. К ним относятся устройства на спиновых волнах, распространяющихся в монокристаллических ферромагнитных пленках. Одним из основных преимуществ спиновых волн является сравнительно низкая мощность, при которой начинают наблюдаться нелинейные эффекты. Разнообразие нелинейных эффектов позволило создать такие спин-волновые СВЧ приборы, как шумоподавители, ограничители мощности и конвольверы [2]. Несмотря на то, что исследования в данной области проводятся уже достаточно давно, возможности практического применения нелинейных спиновых волн далеко не исчерпаны.

Целью данной работы являлось исследование нелинейного спин-волнового пленочного СВЧ интерферометра. Устройство представляло собой мостовую схему, состоявшую из двух плеч. В качестве нелинейного элемента использовался спин-волновой фазовращатель, который находился в одном из плеч интерферометра. В другом плече находился переменный аттенюатор.

Наиболее важными явлениями, на которых основана работа нелиней-

ного интерферометра, являются интерференция и нелинейный сдвиг собственных значений волновых чисел интенсивных спиновых волн при изменении их амплитуды. За счет последнего, фаза СВЧ сигнала на выходе спин-волнового фазовращателя, а, следовательно, и разность фаз сигналов, прошедших разные плечи нелинейного интерферометра, зависят от уровня входной мощности.

В результате исследований были получены экспериментальные характеристики нелинейного интерферометра, которые оказались в хорошем соответствии с предсказаниями теории. Исследования показали, что наибольшую чувствительность к величине входного сигнала имел нелинейный интерферометр, в котором использовался фазовращатель на прямых объемных спиновых волнах, возбуждавшихся в пленке железо-иттриевого граната. На частотах гигагерцового диапазона изменение разности фаз сигналов более чем на 180 град. происходило при увеличении входной СВЧ мощности до единиц милливатт.

Список литературы

- [1] С. А. Баруздин, Ю. В. Егоров, Б. А. Калинин и др. *Функциональные устройства обработки сигналов (основы теории и алгоритмы)*. М.: Радио и Связь, 1997.
- [2] J. D. Adam, D. M. Back, K. M. S. V. Bandara et al. *Physics of thin films. Thin films for advanced electronic devices*. Academic Press, Inc., 1991.

Кандидатские проекты

Резонансное возбуждение волн фотопроводимости и пространственной перезарядки ловушек в кубических фоторефрактивных кристаллах

М. А. Брюшинин, С. А. Кукушкин, И. А. Соколов
Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН

Изучение процессов формирования объемного заряда в фоторефрактивных кристаллах является одной из важных задач в современной оптике [1]. Интерес к этой области исследований обусловлен тем, что особенности функционирования целого ряда приборов на основе фоторефрактивных сред (пространственно-временных модуляторов света, устройств для записи объемных голограмм и адаптивной интерферометрии) определяются динамикой фотоиндуцированного объемного заряда и связанного с ним электрического поля [1]. Приложение внешнего электрического поля к фоторефрактивному кристаллу приводит к появлению волн пространственной перезарядки ловушек (см. например [2]) и волн фотопроводимости, которые обнаруживаются, например, с помощью эффекта нестационарной фото-ЭДС [3]. Данный эффект заключается в протекании переменного электрического тока через короткозамкнутый образец фотопроводника, освещаемого колеблющейся интерференционной картиной.

Для многих широкозонных полупроводников, в том числе и для фоторефрактивных силленитов [1], характерно присутствие мелких ловушечных уровней в запрещенной зоне. Одной из целей работы явился теоретический анализ эффекта нестационарной фото-ЭДС для двухуровневой модели фотопроводника [4, 5]. В приближении малого контраста и малой амплитуды колебаний интерференционной картины получено общее выражение для комплексной амплитуды фототока для диффузионного [4] и дрейфового механизма записи во внешнем электрическом поле [5]. Отличительной особенностью рассмотренной двухуровневой модели является возможность резонансного увеличения амплитуды фототока на следующих частотах: $\omega_{r1} \approx (\tau_M K L_0)^{-1}$, $\omega_{r2} \approx K \mu' E_0$, $\omega_{r3} \approx K \mu E_0$ (μ — истинная подвижность носителей, L_0 — характерная дрейфовая длина переноса, τ_M — время максвелловской релаксации, E_0 — внешнее поле, K — пространственная частота интерференционной картины). Первый резонанс наблюдается при синхронизации движения записывающей интерференционной

картины и волны перезарядки ловушек, второй и третий — при совпадении фазовой скорости решетке фотопроводимости $V_{ph} = \omega/K$ с эффективной и истинной дрейфовыми скоростями электронов $V'_{dr} = \mu'E_0$, $V_{dr} = \mu E_0$. Таким образом, существует возможность оценки эффективной и истинной подвижности носителей, исходя из значений соответствующих резонансных частот.

Экспериментально исследовался эффект нестационарной фото-ЭДС ($\lambda = 633$ nm) в фоторефрактивном кристалле силикосилленита висмута ($\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$), выращенном в атмосфере аргона [5]. Частотная зависимость фототока имеет вид кривой с двумя резонансными максимумами. По положению второго резонансного максимума была определена эффективная подвижность электронов $\mu' = (4.3 \pm 0.4) \times 10^{-2}$ $\text{cm}^2/\text{V s}$ ($I_0 = 60$ W/m^2).

Список литературы

- [1] М. П. Петров, С. И. Степанов, А. В. Хоменко. *Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике*. Наука, С.-Петербург, 1992, 320 с.
- [2] Р. Ф. Казаринов, Р. А. Сурис, Б. И. Фукс, *ФТП* **6**, 572 (1972).
- [3] I. A. Sokolov and S. I. Stepanov, *J. Opt. Soc. Am. B*, **10**, 1483, (1993).
- [4] M. A. Bryushinin and I. A. Sokolov, *Phys. Rev. B*, **62**, 7186 (2000).
- [5] M. A. Bryushinin and I. A. Sokolov, *to be published in Phys. Rev. B*, April, (2001).

Применение оптических методов для исследования процесса теплопереноса в условиях микрогравитации

О. Н. Буденкова

Физико-Технический Институт им. А. Ф. Иоффе, РАН

Экспериментальное изучение микроускорений на борту космических аппаратов (КА) и их влияние на технологические процессы является весьма актуальной проблемой. Микроускорения на КА имеют различную природу, но можно разделить их на две группы: высоко частотные вибрации и квазистатическую компоненту поля микроускорений (КСКМ), частота которой меньше 0.01 Гц. Наибольший вклад в КСКМ вносят микроускорения, связанные с изменением градиента силы тяжести и вращением КА, и именно действие КСКМ не может быть подавлено с помощью виброзащитных платформ. В работе [1] показано, что КСКМ оказывает сильное влияние на интенсивность конвекции в жидкости в экспериментах по выращиванию кристаллов из растворов и расплавов. Изменение температурного распределения в результате указанной конвекции мало, но на фронте кристаллизации может возникать достаточно сильная неоднородность распределения

примеси, что может приводить к возникновению дефектов в выращиваемом кристалле.

Для выявления указанной конвекции в эксперименте предлагается применить метод голографической интерферометрии реального времени (ГИРВ), т.к. он позволяет получить численную информацию о процессе по всему полю наблюдения, не внося в исследуемый объект дополнительных возмущений. Целью представленной работы было численное моделирование возможного эксперимента для выявления оптимальных условий применения метода ГИРВ. Для этого были проведены расчеты трехмерной тепловой конвекции, возникающей в кубическом объеме, заполненном водой, под действием КСКМ станции Мир и Международной Космической Станции, состоящей из двух модулей — Заря и Единство. Расчеты проводились для разных линейных размеров кубической полости. При проведении расчетов предполагалось, что две противоположные грани куба поддерживаются при постоянных температурах, а остальные грани являются теплоизолированными. Чтобы приблизить граничные условия в постановке задачи к реальным, рассматривалась возможность нарушения условия теплоизоляции. По рассчитанным полям температур для некоторых моментов времени моделировались интерферограммы. Показано, что, несмотря на существенное различие в режимах полета станций, во всех случаях метод ГИРВ дает возможность извлечь интегральную информацию не только о полях температур, но и о полях скорости. Для этого направление просвечивания объекта должно совпадать с приложенным внешним температурным градиентом, а условие теплоизоляции на остальных гранях выполняться как можно более строго. При выполнении этих требований количество полос на интерферограммах будет коррелировать с интенсивностью конвективного движения жидкости, а их конфигурация будет повторять конфигурацию изолиний одной из компонент скорости конвекции, проинтегрированной вдоль линии наблюдения. Интерферограммы, получаемые, когда направление наблюдения перпендикулярно приложенному температурному градиенту, не несут полезной информации ни о поле скоростей, ни о величине изменения температурного распределения из-за симметрии конвективных потоков, в результате чего вдоль линии наблюдения происходит частичная компенсация температурных изменений.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке методики эксперимента по выявлению конвекции жидкости, вызванной КСКМ на борту космических аппаратов.

По результатам работы представлен доклад «Numerical and experimental study of thermal convection under quasi-static component of microgravity

field», В. С. Юферев, В. Б. Константинов, О. Н. Буденкова. (First International Symposium on Microgravity Research and Applications in Physical Sciences and Biotechnology. Италия, Сорренто, 10–15 сентября 2000 г.).

Список литературы

[1] Ю. А. Половко, В. В. Сазонов, В. С. Юферев, *J. Crystal Growth* **198**, 182 (1999).

Влияние косвенных квантовых измерений на описание поля в микромазере

Г. П. Мирошниченко, *И. П. Вадейко*

Санкт-Петербургский Государственный Институт Точной Механики и Оптики (Технический Университет)

В рамках развивающегося направления квантовой оптики — теории квантовых измерений — можно выделить несколько наиболее интересных на сегодняшний день проблем: квантовые измерения в бозе-эйнштейновском конденсате, исследование так называемых кубитов в квантовых компьютерах, телепортация квантового состояния, динамика поля в микромазере (микролазере) с измерением состояния вылетающих из резонатора атомов и др. В наших работах детально теоретически исследовалось обобщение одноатомной модели микромазера, описываемое гамильтонианом Тависа-Каммингса, когда поле взаимодействует с N -атомными пакетами, пролетающими через резонатор. Данная система имеет серию любопытных особенностей по сравнению с одноатомным случаем, и, в частности, в ней наиболее ярко проявляется влияние механизма редукции состояния поля при измерении состояния вылетающих атомов с помощью ионизатора.

Был изучен вид и особенности квазистационарного состояния поля для случая без измерения. В данной работе обсуждается одна из основных полевых характеристик — статистика фотонов, которая описывается центральной диагональю редуцированной матрицы плотности (РМП) в базисе собственных векторов оператора числа частиц. Вид квазистационара определяется в основном положением так называемых областей квазизахвата в пространстве фокковских чисел заполнения. Все начальное распределение группируется внутри данных областей, образуя состояния, названные нами квазизахваченными (КЗС). Квазистационарная фаза динамики представляет собой медленное перераспределение заселенности фокковских чисел между различными КЗС. При определенных параметрах модели возможно наблюдать макроскопическую суперпозицию сразу нескольких КЗС.

Из теории квантовых измерений, впервые детально рассмотренной фон Нейманом, известно, что влияние классического прибора на изучаемую квантовую систему описывается редукцией волновой функции в одно из собственных состояний оператора, характеризующего измеритель. При измерении одной из двух взаимодействовавших систем, состояние второй также меняется в соответствии с данным принципом редукции, что называют косвенным квантовым измерением. В нашем случае измерение состояния атомов, взаимодействовавших с полем, приводит к модификации РМП поля. Данный эффект изучался нами в многоатомной системе для случая, когда все атомы в пакете перед влетом в резонатор полностью возбуждены. Обнаружено, что КЗС, наблюдавшиеся в системе без измерения, являются метастабильными состояниями. Для случая, когда параметры модели приводят в микроазере без ионизатора к макроскопической суперпозиции нескольких КЗС, введение в рассмотрение измерительного прибора редуцирует суперпозицию лишь до одного квазизахваченного состояния. В динамике поле долго живет в таком состоянии, а затем в случайный момент времени лавинообразно переходит в другой КЗС, присутствующий в суперпозиции. Скорость перехода определяется числом атомов в пакете и величиной релаксации поля. В многоатомном случае такие скачки заселенности фоковских чисел имеют более выраженный характер, а реализуемое в каждый момент времени распределение чисел фотонов обладает субпуассоновской статистикой.

Рост сверхтонких пленок дисилицида кобальта на кремнии

Д. А. Валдайцев

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН

Исследование процесса роста эпитаксиальных пленок CoSi_2 на кремнии важно для практических приложений в твердотельной электронике и имеет самостоятельный научный интерес с точки зрения изучения закономерностей формирования гетерогенных систем с резкой межфазовой границей. Несмотря на то, что начальные стадии взаимодействия кобальта с поверхностью $\text{Si}(111)\text{-}7\times 7$ изучались целым рядом экспериментальных методов, природа силицидной фазы, образующейся при комнатной температуре, до сих пор обсуждается в литературе. Одной из главных причин этого является недостаток информации об атомном строении силицидного слоя, образующегося при напылении первых монослоев кобальта. Нет сведений и об эпитаксиальной ориентации этой силицидной фазы. В настоящей работе для выяснения данных вопросов начальные стадии роста силицидов ко-

бальта были исследованы с помощью оригинального структурного метода, основанного на эффекте фокусировки отраженных электронов. Показано, что при нанесении кобальта на нагретый кристалл в диапазоне покрытий 1–3 монослоя зарождаются островки $\text{CoSi}_2(111)$ с ориентацией В-типа, а при дальнейшем увеличении покрытия происходит их латеральный рост. При комнатной температуре на начальной стадии процесса также наблюдается островковая мода роста дисилицида кобальта, однако, формирующиеся островки имеют ориентации двух типов А и В, развернутых друг относительно друга на 180 градусов. После формирования сплошного слоя силицида кобальта на его поверхности растет неупорядоченная пленка металла. Анализ данных, полученных в процессе твердофазной эпитаксии, показал, что при прогреве образца сначала формируется сплошная пленка CoSi_2 , которая состоит из доменов с ориентацией А- и В-типов. При повышении температуры отжига происходит рекристаллизация пленки, которая сопровождается исчезновением доменов типа А.

Работа выполнена при поддержке МПНТ (программа «Поверхностные атомные структуры»).

Исследование критической термодинамики многоподрешёточных антиферромагнетиков методом ε разложения в четырёхпетлевом приближении

К. Б. Варнашёв

Санкт-Петербургский Государственный Электротехнический Университет
kvarnash@kv8100.spb.edu

Цель работы состояла в исследовании критической термодинамики обобщённой модели Гинзбурга-Ландау с кубической анизотропией и комплексным векторным параметром порядка ψ_i методом ренормализационной группы (РГ) в пространстве $D = 4 - 2\varepsilon$ измерений. Эффективный гамильтониан модели имеет вид

$$H = \int d^D x \left[\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N (m_0^2 |\psi_i|^2 + |\vec{\nabla} \psi_i|^2) + \frac{u_0}{4!} \left(\sum_{i=1}^N |\psi_i|^2 \right)^2 + \frac{v_0}{4!} \sum_{i=1}^N |\psi_i|^4 \right], \quad (1)$$

где $m_0^2 \sim (T - T_c)$, u_0 и v_0 — «затравочные» константы связи. При $N = 2$ модель (1) описывает антиферромагнитные фазовые переходы в кристаллах TbAu_2 и DyC_2 , а также структурный фазовый переход в NbO_2 . Другой физически важный случай $N = 3$ имеет отношение к антиферромагнитным фазовым переходам в кристаллах K_2IrCl_6 , TbD_2 и Nd [1].

В рамках метода размерной регуляризации и схемы минимальных вычитаний получены РГ функции модели в четырехпетлевом приближении [2]. Исследована топология нетривиальных нулей β -функций. Показано, что для физически важных случаев $N = 2$ и $N = 3$ модель (1) действительно имеет нетривиальную устойчивую фиксированную точку с специфическими критическими индексами. Численные оценки критических индексов получены на основе нового подхода к суммированию расходящихся рядов, предложенного в работе [3]. Найдена критическая размерность параметра порядка N_c^C , отделяющая возможные режимы критического поведения. Численная оценка $N_c^C = 1.447(20)$ получена на основе установленного точного соотношения $N_c^C = \frac{1}{2}N_c^R$ [2] (N_c^R - критическая размерность параметра порядка в вещественной гиперкубической модели), с учётом данных работ [4]. Результаты исследования хорошо согласуются с предсказаниями более ранних работ [1, 5], выполненных в низших РГ приближениях, но противоречат выводам, основанным на непертурбативных рассмотрениях, согласно которым критическая термодинамика модели (1) должна контролироваться тривиальной бозевской фиксированной точкой [6].

Список литературы

- [1] D. Mukamel, *Phys. Rev. Lett.* **34**, 481 (1975); *Phys. Rev. B* **13**, 5065, 5078 (1976).
- [2] A. I. Mudrov, K. B. Varnashev, in: Proc. XXIII-rd Int. Coll. *Group Theoretical Methods in Physics*, JINR RAS, Dubna, Russia, 2001; preprint cond-mat/0011167.
- [3] A. I. Mudrov and K. B. Varnashev, *Phys. Rev. E* **58**, 5371 (1998).
- [4] K. B. Varnashev, *J. Phys. A* **33**, 3121 (2000); *Phys. Rev. B* **61**, 14660 (2000).
- [5] K. De'Bell and D. J. W. Geldart, *Phys. Rev. B* **32**, 4763 (1985); N. A. Shpot, *Phys. Lett.* **142A**, 474 (1989); A. I. Mudrov and K. B. Varnashev, *Phys. Rev. B* **57**, 3562, 5704 (1998); A. I. Sokolov and K. B. Varnashev, *Phys. Rev. B* **59**, 8363 (1999).
- [6] K. A. Cowley and A. D. Bruce, *J. Phys. C* **11**, 3577 (1978).

Изучение активности гена церулоплазмينا

Н. Е. Гюлиханданова

Санкт-Петербургский государственный технический университет

Медь (Cu) является незаменимым микроэлементом для всех аэробных организмов. Одновременно ионы Cu, как сильные окислители, токсичны для всех типов биомолекул. Безопасный транспорт Cu по каналам межклеточной и внутриклеточной коммуникации осуществляется с помощью специализированной системы белков, обеспечивающих также поддержание баланса Cu в организме. Одним из этих белков является церулоплазмин

(ЦП) — универсальный внеклеточный транспортер Cu, растворимый Cu-содержащий гликопротеин, обладающий ферроксидазными свойствами.

В работе биосинтетическими методами и методами белковой химии показано, что в течение лактации в клетках молочной железы синтезируется и секретируется в молоко молекулярная форма ЦП, отличающаяся от ЦП крови. Содержание ЦП в сыворотке грудного молока, измеренное ($n=126$) ферментативным и иммунологическим методами, снижается почти в 7 раз в течение первого месяца лактации. Снижению содержания ЦП в молоке соответствует, по данным дот-гибридизации с ЦП-кДНК, падение уровня ЦП-мРНК в молочной железе. Концентрация Cu, по данным атомно-адсорбционной спектрометрии, в этих образцах молока снижается пропорционально. Согласно расчетам, произведенным на основе этих измерений, в молозиве, переходном и зрелом молоке на 1 молекулу ЦП приходится 7, 6 и 5 атомов Cu, соответственно. При этом новорожденный в период грудного вскармливания ежедневно получает примерно 10 мкг Cu на 1 кг массы тела. Таким образом, баланс меди в организме новорожденных контролируется на уровне транскрипции гена ЦП в клетках молочной железы. С помощью компьютерных программ MatInspector V2.2. и Sitehunter в промоторной части гена ЦП крысы выявлены 1) цис-элементы для нетканеспецифических транскрипционных факторов (ТФ) Ar1, Ar4, Sp1, TBP, NF-1; 2) потенциальные сайты связывания для ядерного рецептора, родственного рецептору ретиноевой кислоты, рецепторов эстрогена и прогестерона и 3) цис-элементы, специфичные для генов, экспрессирующихся в печени (HNF-1) и в молочной железе (Wap). 5'-регион гена ЦП, содержащий ~ 1700 нуклеотидов промоторной части и начало первого экзона гена ЦП был амплифицирован. Гель-шифт анализ показал, что полученный ПЦР-продукт содержит сайты для специфичного связывания рецепторов 9-цис-ретиноевой кислоты и тиреоидного гормона.

Иммунореактивные паттерны пептидов, сохраняющихся после обработки комплексов ПЦР-продукт/ТФ печени и ПЦР-продукт/ТФ молочной железы смесью, расщепляющей незащищенные пептидные связи, отличались по способности связываться с поликлональными антителами к ТФ печени и молочной железы, соответственно. Для выявления внутригенных сайтов регуляции экспрессии гена, в плазмиде pTZ19 был клонирован фрагмент хромосомного гена ЦП крысы, длиной 2,3 т.п.н., гибридизующийся с участком кДНК, который включает последовательность ЦП-мРНК от 520 до 2620 нуклеотида. Показано, что клонированный фрагмент преимущественно связывается с ТФ из печени взрослых крыс. Моноклональные антитела к транскрипционному фактору YY1 обнаруживают в комплексе 2,3-ДНК/ТФ

белок $\Upsilon\Upsilon 1$. Эти данные подтверждены методом гель-шифт анализа. Методом полуколичественного иммуноблоттинга показано, что в составе ТФ клеток молочной железы содержится меньше белка $\Upsilon\Upsilon 1$, чем в ТФ печени взрослых крыс. В совокупности, данные свидетельствуют о существовании участков тканеспецифической регуляции активности гена ЦП на уровне транскрипции.

Работа поддержана ФЦП «Интеграция» (А0137), Программой «Геном человека» (4/00).

Полевой эффект в гранулированных металлических пленках

Д. А. Закгейм, И. В. Рожанский

Физико-Технический Институт им. А.Ф.Иоффе РАН

В работе исследуется влияние внешнего электрического поля на проводимость гранулированных металлических пленок, содержащих металлические частицы нанометрового размера, разделенные туннельно-прозрачными диэлектрическими барьерами. В подобных пленках электростатическая энергия зарядки металлической гранулы зарядом одного электрона может значительно превышать kT при комнатной температуре, что позволяет наблюдать в них эффект макроскопического квантования заряда [1]. Одним из проявлений этого эффекта является существенное влияние внешнего электрического поля на распределение зарядов в пленке, и, тем самым, на ее электрическую проводимость.

Для теоретического исследования модуляции проводимости гранулированной пленки внешним электрическим полем была разработана детальная численная модель электронного транспорта в подобных структурах. В этой модели на каждом шаге рассчитываются вероятности туннелирования электронов в каждой паре гранул и методом Монте-Карло осуществляется один из возможных переходов. В результате многократного повторения этой операции определяется макроскопическое распределение заряда в пленке, а также величина электрического тока, как усредненное по времени число прыжков через заданное сечение пленки. В модели учитывается кулоновское взаимодействие заряженных гранул между собой, наличие в пленки случайного потенциала и потенциала внешнего электрического поля. Результаты моделирования температурной зависимости проводимости гранулированных пленок в слабом электрическом поле хорошо согласуются с экспериментальными данными, полученными на пленках $\text{Cu} : \text{SiO}_2$ [2].

На основе модельных расчетов в работе делается вывод о том, что в структурах типа полевого транзистора на гранулированной пленке может

быть достигнута высокоэффективная модуляция тока электрическим полем затвора в случае, если зарядовая энергия гранул пленки по крайней мере в несколько раз превышает kT , а амплитуда случайного потенциала достаточно мала.

Список литературы

- [1] K. Likharev, *Granular Nanoelectronics*, ed. by D. Ferry et al., Plenum, New-York, 371 (1991).
- [2] Д. А. Закегейм, И. В. Рожанский, И. П. Смирнова, С. А. Гуревич, *ЖЭТФ*, **91**, 553 (2000).

Хаос в квантовых системах

И. Б. Иванов

Петербургский Институт Ядерной Физики РАН

В данной работе мы продолжаем развивать наш [1–5] подход к определению хаотичности гамильтоновых квантовых систем. Его суть состоит в установлении связи между свойствами симметрии рассматриваемой системы и ее регулярностью или хаотичностью. Предложенный нами критерий хаотичности α характеризует разрушение под действием возмущения симметрии и интегралов движения исходной интегрируемой системы, что приводит к хаотизации. Величина α определяется отношением средней энергетической ширины фрагментации волновых функций невозмущенной системы по состояниям возмущенного гамильтониана к расстоянию между уровнями в спектре невозмущенного гамильтониана. В квазиклассическом пределе критерий переходит в показатель Ляпунова соответствующих классических движений. Исследование перехода от регулярности к хаосу показало, что согласно нашему критерию этот переход происходит при одинаковом критическом параметре возмущения в классическом и квантовом случае.

Для определения степени хаотичности системы при некоторой величине возмущения необходимо сначала решить уравнение Шредингера, а затем рассчитать показатель хаотичности. Поэтому возникает вопрос: как не решая уравнения Шредингера оценить, при какой критической величине возмущения можно ожидать перехода системы в режим хаотичности? Аналитическую оценку критического параметра возмущения мы делаем при помощи теории возмущений. Мы строим такую величину, которая с одной стороны поможет нам оценить критический параметр возмущения, а с другой будет инвариантна по отношению к блочным унитарным преобразованиям состояний внутри подпространств вырожденных уровней базиса

невозмущенной системы. Тем самым отпадает необходимость решать секулярное уравнение и задача сводится к вычислению некоторой суммы в которую входят матричные элементы возмущения в исходном базисе. Сравнение оценки с точными расчетами проводится для системы Хеннона-Хейлеса и диамагнитной задачи Кеплера. В обоих случаях получено хорошее согласие полученной оценки критического параметра возмущения с точным результатом.

Проблема существования и поиска интегралов движения в стационарной квантовой механике всегда привлекала много внимания из-за большого практического и философского значения. Предлагается сходящаяся процедура построения приближенных интегралов движения в виде нетривиальных комбинаций от операторов (q, p) . Обсуждаются свойства полученных интегралов сложной структуры и следствия их существования для динамики системы. Показывается, что существование этих интегралов не может нам помочь в решении уравнения Шредингера, и поэтому они не сделают систему регулярной. Метод применяется в задаче Хеннона-Хейлеса для явного построения и изучения приближенных интегралов движения.

Список литературы

- [1] В. Е. Бунаков, Ф. Ф. Валиев, Ю. М. Чувильский, *Phys. Lett.* **A243**, 288 (1998).
- [2] В. Е. Бунаков, И. Б. Иванов, *Ядерная физика* **62**, № 7, 1172 (1999).
- [3] В. Е. Бунаков, И. Б. Иванов, Р. Б. Панин, *Изв. РАН (сер. физ.)* **64**, 26 (2000).
- [4] В. Е. Бунаков, И. Б. Иванов, *Изв. РАН (сер. физ.)* **64**, 427 (2000).
- [5] В. Е. Бунаков, И. Б. Иванов, *Изв. РАН (сер. физ.)* **64**, 914 (2000).
- [6] В. Е. Бунаков, И. Б. Иванов, *ISINN-8 Proceedings*, Dubna, 2000. JINR publications E3-2000-192.
- [7] В. Е. Бунаков, И. Б. Иванов, To be published in *ISINN-9 Proceedings*, Dubna, 2001.

Исследование характеристик приемной системы с целью реализации предельных параметров радиотелескопа ТНА-400-1 РСДБ

Д. В. Иванов

Институт прикладной астрономии РАН, СПб

Задачами работы является поиск путей оптимизации облучающей системы радиотелескопа ТНА-400-1 РСДБ-комплекса «Квазар», разработка и применение методик исследования параметров системы радиотелескоп-радиометр с целью реализации предельных параметров системы.

В течение 1999–2000 годов проведена фокусировка облучающей системы радиотелескопа и измерены параметры радиотелескопа на различных

длинах волн. Измерения проводились по специально разработанным методикам.

Для анализа измеренных характеристик и сравнения их с рассчитанными параметрами составлена сводная таблица (см. таблицу 1).

Таблица 1. Сравнение расчетных и измеренных параметров системы.

| Диапазон | $T_{пр}$, К | $T_{ша}$, К | $T_{сис}$, К | КИП | SEFD, Ян |
|-------------------------|--------------|--------------|---------------|------|----------|
| 18/21 см | | | | | |
| расчет | 25 | 31 | 56 | 0,63 | 310 |
| измерение 1 канал | 22 | 42 | 63 | 0,65 | 335 |
| измерение 2 канал | 31 | 35 | 66 | 0,72 | 315 |
| 13 см | | | | | |
| расчет | 20 | 36 | 56 | 0,55 | 350 |
| измерение 1 канал | 19 | 38 | 58 | 0,46 | 430 |
| измерение 2 канал | 43 | 37 | 80 | 0,46 | 600 |
| 6 см | | | | | |
| расчет | 12 | 26 | 38 | 0,66 | 200 |
| измерение 1 канал | 25 | 24 | 49 | 0,65 | 260 |
| измерение 2 канал | 10 | 22 | 32 | 0,61 | 180 |
| 3,5 см | | | | | |
| расчет | 15 | 30 | 45 | 0,64 | 240 |
| измерение 1 канал | 17 | 26 | 43 | 0,50 | 300 |
| измерение 2 канал | 32 | 26 | 58 | 0,42 | 470 |
| 1,35 см | | | | | |
| расчет $\sigma=0,76$ мм | 90 | 81 | 171 | 0,40 | 1470 |
| расчет $\sigma=1$ мм | 90 | 81 | 171 | 0,28 | 2100 |
| измерение 1 канал | 104 | 76 | 180 | 0,27 | 2290 |
| измерение 2 канал | 85 | 79 | 164 | 0,25 | 2250 |

Здесь: SEFD — эквивалентная плотность потока системы, КИП — коэффициент использования поверхности (эффективность радиотелескопа), $T_{пр}$ — эквивалентная шумовая температура приемника, $T_{ша}$ — шумовая температура антенны, $T_{сис}$ — шумовая температура системы радиотелескоп-радиометр.

Измеренные значения шумовой температуры антенны довольно точно соответствуют рассчитанным. Только в диапазоне длин волн 18/21 см ска-

зывается неучтенное переоблучение края зеркала, что подтверждается и большей величиной КИП по сравнению с расчетной. Измеренная величина КИП в диапазоне длин волн 1,35 см хорошо согласуется с расчетами для зеркала с качеством поверхности $\sigma = 1$ мм. В диапазонах длин волн 13/3,5 см используется совмещенный облучатель, что приводит к снижению величины КИП по сравнению с расчетной.

Измерение величины SEFD не связано с правильностью определения величины шумовой калибровки, поэтому исключается возможность влияния неточности измерений шумовых температур на анализ результатов. «Выпадение» результатов измерений в диапазонах длин волн 13/3,5 см из расчетной кривой, говорит о не полностью учтенном влиянии характеристик совмещенного облучателя на параметры системы.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что экспериментальные параметры радиотелескопа ТНА-400-1 (п. Светлое), в целом, соответствуют расчетным, что говорит о правильности выполненной фокусировке облучающей системы. Для повышения эффективности радиотелескопа необходимо улучшить качество поверхности и модернизировать систему облучения в диапазонах длин волн 13/3,5 см.

Статистическое исследование звезд окрестности Солнца

Е. Э. Казакевич

Санкт-Петербургский Государственный Университет

Окрестность Солнца является типичной областью диска Галактики, поэтому статистический анализ населяющих ее звезд имеет большое значение для галактической астрономии. В 1997 году был издан каталог HIPPARCOS, содержащий около 118 000 звезд с точностью в определении параллакса $0,002$, собственных движений $0,002$ /год. Появился большой объем высокоточных данных для астрономических исследований. Актуальной задачей является построение для звезд этого каталога функции светимости, распределения по показателю цвета, а также исследование распределения звезд в фазовом пространстве.

В данной работе проводилось исследование для звезд каталогов: CNS3 [1], HIPPARCOS [2] и каталога Хольмберга [3], который представляет собой выборку звезд из каталога HIPPARCOS с измеренными лучевыми скоростями. Методом исправления функции светимости на эффекты наблюдательной селекции, предложенным в работе [4], были построены функции светимости для одиночных звезд каталога [1] до 25 пк, для звезд каталога [2] до 50 пк и звезд каталога [3] до 75 пк. Все полученные функции

имеют два максимума: главный в области, соответствующей абсолютным звездным величинам $M \sim 11^m - 12^m$, и вторичный при $M \sim 5^m - 6^m$. Этот результат хорошо согласуется с результатами других авторов (смотри, например, [5, 4]). Звезды каталога HIPPARCOS имеют ограничение по видимой звездной величине, поэтому главный максимум функции светимости восстановлен не полностью. Наряду с функцией светимости были построены исправленные на эффекты наблюдательной селекции распределения по показателю цвета B-V для звезд каталога [3] до 75 пк и по показателям цвета B-V, U-B, R-I для одиночных звезд каталога [1]. Произведено сравнение двух полученных функций распределения по B-V. Главный и второй максимум у этих функций приходится на одни и те же значения B-V — $1,^m5-1,^m6$ и $0,^m7-0,^m8$ соответственно.

Выявление сгущений звезд в фазовом пространстве проводилось для звезд каталога Хольмберга до 125 пк. Рассматривались пространства гелиоцентрических координат (X,Y,Z) и скоростей (U,V,W), где оси X и U направлены к центру Галактики, Y и V — в направлении вращения Галактики, Z и W — к северному полюсу Галактики.

Выявление сгущений производилось двумя методами. В одном из них производится сканирование большого куба с центром в Солнце малым кубом. При этом подсчитывается число звезд, оказавшихся внутри малого куба и сравнивается с ожидаемым. Аналогичные действия производятся во втором методе, который основан на вычислении взаимных расстояний между звездами каталога в пределах большого шара. Эти методы позволяют выявить как более компактные так и протяженные группы звезд. Сгущения выделялись с помощью двух критериев: контраста плотности — отношения наблюдаемого числа звезд к ожидаемому в пределах малого куба (во втором методе шара), и относительного избытка числа звезд — во сколько раз разность между наблюдаемым и ожидаемым превышает квадратный корень из ожидаемого числа звезд. Полученные результаты хорошо согласуются с современными результатами, полученными авторами работ [6, 7, 8].

Список литературы

- [1] Gliese W., Jahreiss H., Unpublished, 1991.
- [2] Perryman M. A. C. et al., *The Hipparcos and Tycho Catalogues*, 1997, ESA Publ. Div., Noordwijk.
- [3] Holmberg J., Unpublished, 1999.
- [4] Agekian T. A., Orlov V. V., *Letters in AJ* **23**, 12, 936 (1997).
- [5] Wielen R., *Highlights of Astronomy*, 1974, Contopoulos (ed), 395.
- [6] Chereul E. et al., *AA*, 340, 384 (1998).
- [7] Chereul E. et al., *AASS*, 135, 5 (1999).

[8] Dehnen W. *AJ*, 115, 2384 (1998).

Исследование механизмов ионизации атомов быстрыми ионами

К. В. Кашиников

Физико-Технический Институт им. А.Ф. Иоффе РАН

Один из наиболее информативных методов исследования процесса ионизации при столкновениях ионов с атомами — это изучение энергетических спектров электронов, образующихся при ионизации. В спектрах электронов, вылетевших под малыми углами по направлению движения налетающих ионов, проявляются отчётливо различные особенности (пики), обусловленные процессами захвата электрона в континуум налетающего иона (ЕСС) и парного электрон-ионного столкновения (ВЕ) с прямым выбиванием электрона налетающим ионом, причем при нулевом угле пик ЕСС проявляется наиболее отчётливо. Эти процессы имеют ясную классическую интерпретацию. Величина пика ЕСС имеет наибольшее значение тогда, когда скорость налетающего иона близка к скорости ионизируемого атомного электрона, и значительно уменьшается при большом различии между этими скоростями, то есть, зависит от того, из какой оболочки атома удаляется электрон.

Ионизация внутренней оболочки ведет, как правило, к многократной ионизации мишени из-за Оже-распада образованной внутренней вакансии с дополнительным удалением электронов из внешней оболочки, поэтому регистрация зарядового состояния образующегося иона мишени при одновременной фиксации энергии вылетевшего электрона позволяет разделить процессы ионизации внешней и внутренних оболочек многоэлектронного атома. Такая процедура была впервые проделана в настоящем эксперименте для исследования механизмов ЕСС и ВЕ при исследовании взаимодействия протонов с энергией 1 МэВ с многоэлектронным атомом Ag (скорости электронов на L оболочке атома Ag и налетающего протона близки). Анализ полученных дважды дифференциальных по углу и энергии сечений образования электронов позволил впервые сделать вывод, что пик в энергетическом спектре удалённых электронов, обусловленный процессом парного столкновения налетающего иона с атомными электронами, формируется преимущественно благодаря процессу однократной иониза-

ции внешней оболочки атома. Было установлено, что захват электрона в континуум налетающей частицы, происходит в основном из внутренней оболочки.

Для проверки теоретических представлений о процессах ЕСС и их количественного описания создана и успешно проверена для ранее изучавшихся систем программа расчета формы энергетического спектра электронов, удаленных при процессе захвата электрона в континуум налетающей частицы, методом Монте-Карло, основанном на использовании классических траекторий движения частиц. Данный метод довольно хорошо описывает процессы ЕСС и ВЕ.

Свойства систем с динамической структурой взаимодействий

О. В. Кириллова

С-Петербургский Государственный Университет, Отдел теоретической физики

В исследованиях сложных систем, изучение взаимодействий частей, их составляющих, другими словами, их структуры, может дать важную информацию об основополагающих процессах, ответственных за наблюдаемое макроскопическое поведение. В последнее время большее внимание уделяется коммуникационным сетям, как, например, нейронные сети, пищевые цепочки, различные социальные объединения. Основной подход в подобного рода исследованиях базируется на применении теории случайных графов и, в последнее время, ‘small-world’ моделей. В предлагаемой работе представлена модель с динамической структурой взаимодействий и исследование ее свойств. Существенное отличие модели от других, посвященных изучению структуры сети, заключается в возможности не только возникновения новых, но также разрушения уже существующих, связей. Результаты исследования показали, что, при определенных условиях, в системе возникает устойчивый кластер, содержащий все элементы. Согласно степенным закономерностям в распределении количества связей, приходящихся на элемент, в таких системах возможна масштабная инвариантность. Средний диаметр сети, рассматриваемый как функция максимального допустимого количества возникающих/распадающихся связей на одном итерационном шаге (K), уменьшается как K^{-1} . Для одних значений вероятности распада связей (p) возникающая структура ближе к ‘small-world’ сетям, для других — к ‘large-world’.

В целом, влияние K параметра на значение среднего диаметра сети больше, чем влияние на него размера системы.

Влияние межмолекулярного резонансного взаимодействия на поляризуемость молекул CF_4 и SF_6 в области фундаментальных полос поглощения

И. М. Кисляков

Санкт-Петербургский государственный технический университет

Исследования влияния межмолекулярных взаимодействий на поляризуемость газообразных фторидов имеют большое значение в нелинейной оптике, в частности в физике молекулярных лазеров, где эти газы используются для оптимизации нелинейных свойств излучения. Поляризуемость молекул определяет показатель преломления газа, его зависимость от частоты излучения и плотности среды. Эффекты межмолекулярных взаимодействий проявляются в нелинейной зависимости поляризуемости от плотности. Для описания этих эффектов важно изучить дисперсию оптических вириальных коэффициентов, т.е. коэффициентов разложения уравнения Лоренц–Лорентца для рефракции газа по степеням плотности. Используя дисперсионные соотношения Крамерса–Кронига для вещественной и мнимой частей поляризуемости, зависимость молекулярной рефракции от плотности можно определить из индуцированных взаимодействиями возмущений в их дипольных спектрах поглощения.

В ходе работы были зарегистрированы колебательно-вращательные спектры моды *3 и составных мод *1+*3 и *2+*4 молекул CF_4 и SF_6 в диапазоне плотностей от 1 до 25 Амага. Были записаны те же спектры смесей этих молекул с инертными газами при плотности последних от 10 до 150 Амага. Из полученных спектров были рассчитаны дисперсии первого и второго оптических вириальных коэффициентов. Для SF_6 рассчитанные значения вириальных коэффициентов оказались совпадающими с данными интерферометрических измерений зависимости рефракции от плотности на частотах генерации CO_2 лазера. Характерная для моды *3 изучаемых молекул большая спектральная интенсивность позволила обнаружить различные механизмы влияния взаимодействия молекул на поляризуемость. В случае взаимодействия поглощающих молекул с атомом инертного газа наблюдается нерезонансный эффект, который объясняется классической моделью электростатического взаимодействия двух диполей [1, 2]. В чистых газах приходится иметь дело с другим механизмом деформации спектральных полос, где основную роль играет взаимодействие дипольных моментов переходов [3]. Обусловленный резонансным эффектом второй оптический вириальный коэффициент оказывается на два порядка больше по сравнению с нерезонансным. Для полуколичественного

описания вириальности оптических свойств изучаемых молекул была рассмотрена модель расщепления моды *3 при взаимодействии дипольных моментов переходов, ранее обсуждаемая в литературе [4]. Рассчитанные на основе этой модели вириальные коэффициенты молекулы SF₆ в области крыльев полосы *3 показывают качественное согласие с экспериментом в частотной зависимости и совпадение значений в пределах 10–20%.

Электропроводящие и механические свойства микропористых пленок полиэтилена со слоями проводящих полимеров

И. С. Курындин, Г. К. Ельяшевич

Институт высокомолекулярных соединений РАН,
199004 Санкт-Петербург, Большой пр., 31

Исследованы композиционные системы, состоящие из микропористой пленки полиэтилена (ПЭ) и слоев проводящих полимеров — полипиррола (ППир) и полианилина (ПАНИ). Слои ППир на микропористой ПЭ пленке были получены полимеризацией пиррола из газовой фазы, слои ПАНИ — полимеризацией анилина из раствора.

Проведены термомеханические испытания микропористых ПЭ пленок с разной степенью ориентации. Получены зависимости величины усадки от нагрузки и температуры. Определены механические характеристики — модуль упругости, прочность и относительное удлинение при разрыве для образцов с разной степенью ориентации.

Обнаружено, что слои проводящих полимеров имеют хорошую адгезию к пористой ПЭ подложке и не отслаиваются при деформации образцов. По механическим характеристикам — прочности и эластичности — композиционные системы ПЭ-ППир и ПЭ-ПАНИ не уступают ПЭ подложкам, а по модулю упругости превосходят их.

Исследования термдеформационного поведения композиционных систем показали, что они имеют более высокую деформационную стабильность при нагревании, чем исходная микропористая ПЭ пленка. Методами термогравиметрии и дифференциального термического анализа определена термическая стабильность микропористых ПЭ пленок, проводящих полимеров и композиционных систем. Показано, что композиционные системы обладают более высокой термостабильностью, чем исходные компоненты.

Исследована зависимость поверхностной и объемной электропроводности композиционных систем от способа формирования проводящего слоя полимера. Получена зависимость проводимости композиционных систем ПЭ-ППир и ПЭ-ПАНИ от времени и температуры полимеризации. Ис-

следуемые системы сохраняют свои электропроводящие свойства после выдержки при повышенных температурах и демонстрируют высокую стабильность этих свойств во времени.

Критическая термодинамика двумерных систем в пятипетлевом ренормгрупповом приближении

Е. В. Орлов, А. И. Соколов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет

Цель работы состоит в вычислении ренормгрупповых функций $O(n)$ -симметричной двумерной модели типа $\lambda\varphi^4$ в пятипетлевом приближении и анализе критического поведения систем, описываемых этой моделью (РГ функции трехмерных моделей фазовых переходов известны сегодня в рекордно высоком — шестипетлевом — приближении, что позволило определить их критические индексы с весьма высокой точностью [1, 2, 3, 4]). Пятипетлевые разложения для β -функции и критических индексов найдены в массивной теории (см. работу [5]). Они пересуммированы с помощью методов Паде-Бореля и Паде-Бореля-Леруа, позволяющих оптимизировать пересуммировочную процедуру и оценить точность получаемых чисел. Показано, что как в изинговском ($n = 1$), так и в других случаях учет пятипетлевого вклада в β -функцию лишь незначительно сдвигает координату вильсоновской фиксированной точки, оставляя ее за пределами интервала, который образуют результаты расчетов на решетках; не происходит даже перекрытия «вилок» погрешностей ренормгрупповой и решеточных оценок [6, 7, 8]. Это расхождение отнесено на счет влияния неаналитической составляющей β -функции, которая, как известно, не может быть найдена в рамках теории возмущений. Расчет критических индексов показал, что, хотя учет пятипетлевых членов в соответствующих РГ разложениях несколько улучшает согласие с точными результатами, неаналитические вклады, по-видимому, существенны и в этом случае.

Список литературы

- [1] G. A. Baker, B. G. Nickel, D. I. Meiron, *Phys. Rev. B* **17**, 1365 (1978).
- [2] J. C. Le Guillou and J. Zinn-Justin, *Phys. Rev. B* **21**, 3976 (1980).
- [3] S. A. Antonenko and A. I. Sokolov, *Phys. Rev. E* **51**, 1894 (1995).
- [4] R. Guida and J. Zinn-Justin, *J. Phys. A* **31**, 8103 (1998).
- [5] Е. В. Орлов, А. И. Соколов, *ФТТ* **42**, 2087 (2000).
- [6] G. A. Baker, *Phys. Rev. B* **15**, 1552 (1977).
- [7] S. Y. Zinn, S. N. Lai, and M. E. Fisher, *Phys. Rev. E* **54**, 1176 (1996).
- [8] P. Butera and M. Comi, *Phys. Rev. B* **54**, 15828 (1996).

Жидкокристаллическое упорядочение в полимерных щетках

А. Полоцкий

Институт высокомолекулярных соединений РАН
polotsky@imc.macro.ru

В последнее время значительное внимание уделяется изучению полимерных систем, связанных с поверхностями раздела фаз (мицеллы и суперструктуры блок-сополимеров, самоорганизация в растворах ПАВ и др.). Важнейшим из представлений, используемых при теоретическом описании таких систем, является модель полимерной щетки, которая представляет собой монослой полимерных цепей, привитых за один конец к непроницаемой поверхности с достаточно высокой плотностью прививки. Поведение такой системы определяется, с одной стороны, геометрией поверхности и плотностью, с которой привиты цепи, а с другой — свойствами самого привитого полимера.

В настоящей работе рассмотрена щетка, образованная полужесткими макромолекулами и погруженная в растворитель. Полимерная цепь состоит из свободно сочлененных асимметричных сегментов: отношение длины сегмента к его толщине $p = l/a$ больше единицы. Показано, что при ухудшении качества растворителя, в который погружена щетка, она коллапсирует (сжимается), причем коллапс сопровождается ростом параметра ориентационного (ЖК) порядка и может идти скачкообразно (при сравнительно невысокой плотности прививки цепей) или непрерывно (если цепи привиты достаточно плотно). Такое поведение отличается от коллапса щетки, образованной гибкими цепями ($p = 1$): в этом случае коллапс происходит непрерывно и сопровождается разупорядочением. Проанализированы факторы, влияющие на характер ЖК перехода, в частности зависимость критической плотности прививки от длины жесткого сегмента цепи.

Расчет квадратичной поляризуемости теплой замагниченной плазмы

Е. З. Гусаков, А. Ю. Попов

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН
a.popov@pop.ioffe.rssi.ru

В работе проанализировано общее выражение для плотности нелинейного заряда, наводящегося в магнитоактивной плазме при взаимодействии двух произвольных волн. Впервые получены асимптотические выражения для плотности нелинейного индуцированного заряда в случае, когда все участвующие во взаимодействии волны являются коротковолновыми.

Структурные и спектральные свойства комплексов платины (II) с хиральным сульфоксидным лигандом и взаимодействие этих комплексов с аминокислотами

А. Н. Скворцов

Санкт-Петербургский государственный технический университет

Комплексы платины в настоящее время занимают одно из ведущих мест среди препаратов используемых в химиотерапии рака. Наличие у наиболее широко применяемого препарата — цис-дихлородиамминоплатины (II) (цисплатин) — сильной токсичности и мутагенности стимулирует исследования биологической активности комплексов платины и других переходных металлов. Несмотря на успешное применение цисплатина и всесторонние исследования аспектов воздействия платиновых комплексов на раковые и нормальные клетки, точный механизм этого воздействия до сих пор не известен. Хорошо установлено, что главной мишенью действия является ДНК, поэтому основное внимание уделяется непосредственному присоединению комплексов к ДНК, а реакциям с аминокислотами, олигопептидами и белками до сих пор уделялось недостаточное внимание. Только в последние годы стала понятной необходимость учета этих взаимодействий.

Данная работа посвящена изучению реакций комплексов платины (II) моделирующих первичные стадии их метаболизма в биологических средах. Для исследования выбраны комплексы платины (II) с хиральным лигандом (+)-R-метил-п-толилсульфоксидом (МТСО), полученные и описанные нами ранее. Молекулярная структура ряда комплексов определена с помощью рентгеноструктурного анализа. В настоящей работе подробно охарактеризованы геометрические изомеры цис- и транс-[Pt(МТСО)₂PyCl₂] (X). У близких структурных аналогов данных комплексов была обнаружена цитотоксическая активность. Большой собственный круговой дихроизм (КД) МТСО и комплексов на его основе использовался нами для наблюдения за реакциями этих комплексов с аминокислотами и гетероциклическими соединениями. Использование наряду с традиционно применяемой для изучения комплексов платины спектроскопией ЯМР чувствительного оптического метода КД позволило работать с характерными для биологических систем концентрациями веществ. Асимметрический сульфоксидный лиганд при этом выступает в роли хиральной оптической метки.

Методами спектроскопии КД и ЯМР ¹H нами показано замещение лиганда МТСО различными нуклеофилами и оценены константы скоростей реакций. Исследования комплексов цис-(X) и транс-(X) демонстрируют су-

ществленную зависимость скоростей и направлений реакций от геометрии комплекса. Замещению могут подвергаться различные лиганды, направление реакции определяется входящим нуклеофилом. Наибольший интерес представляет взаимодействие комплексов с L-метионином (L-Met), который, наиболее вероятно, первым вступает в реакции с платиновыми комплексами в клетке или в организме. В реакции исследуемых изомеров с L-Met обнаружено несколько стадий, предложена кинетическая схема. Изомеры (X) реагируют с L-Met по-разному: при одинаковых условиях проведения эксперимента цис-изомер реагирует значительно быстрее, чем транс-изомер. Это может объяснять более высокую цитотоксическую активность транс-изомеров у родственных соединений $[Pt(RR'SO)(quin)Cl_2]$. Сравнение скоростей реакций комплексов с различными нуклеофилами подтверждает высокую эффективность взаимодействия цитотоксичных комплексов платины (II) с серосодержащими молекулами.

Работа поддержана федеральной целевой программой «Интеграция» N 354.

Исследование процессов фотодиссоциации двухатомных молекул на основе регистрации поляризованных атомов галогенов методами многофотонной лазерной спектроскопии

А. Г. Смолин

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН
smol.pms@pop.ioffe.rssi.ru

Работа посвящена решению актуальной проблеме современной химической физики — развитию новых экспериментальных методов исследования фотохимических реакций с участием галогенсодержащих соединений. Атомы галогенов являются одними из наиболее часто встречающихся продуктов диссоциации молекул, поэтому предлагаемая методика регистрации этих атомов в различных спиновых состояниях позволяет получать важную информацию о динамике широкого класса фотохимических реакций, которую зачастую нельзя получить другими известными способами. Задача работы состоит в разработке новой экспериментальной методики и в исследовании реакций фотодиссоциации двухатомных галогенсодержащих молекул методами поляризационной лазерной спектроскопии. Исследования фотодиссоциации и преддиссоциации галогенсодержащих молекул проводятся уже в течение многих лет, однако до настоящего времени многие процессы исследовались только на основе косвенных экспериментов без непосредственной регистрации образующихся атомов йода, а тем более

без измерения их поляризации. Особенности созданной в работе экспериментальной установки и методики позволяют уточнить и развить ранее полученные результаты о динамике фотодиссоциации и преддиссоциации галогенсодержащих молекул и впервые исследовать процессы фотодиссоциации (прежде всего йода) с участием f уровня в зависимости от давления паров. В результате экспериментов было оценено влияние столкновительной релаксации f уровня молекулы йода в процессах фотодиссоциации при двухступенчатом возбуждении молекул через уровень V . Эксперименты показали аномально большое сечение столкновительной релаксации f уровня. Впервые проведены эксперименты по непосредственной регистрации атомов йода образующихся в ходе реакции фотодиссоциации молекул йода согласно предлагаемой методике.

Список литературы

- [1] D. V. Kupriyanov and O. S. Vassyutinskii, *Chem. Phys.*, **171**, 25 (1993).
- [2] B. V. Picheyev, A. G. Smolin and O. S. Vasyutinskii, *J. Phys. Chem. A.*, **101**(41), 7614 (1997).
- [3] М. Е. Акopian, Н. К. Бибинov, D. B. Kokh, А. М. Pravilov, М. В. Stepanov, O. S. Vasyutinskii, *Chemical Physics*, **242**, 263 (1999).

Ускорение тяжелых ионов в рамках зарядово-согласованной модели

М. Ф. Ствотюк

Санкт-Петербургский Государственный Технический Университет

Аналитически получены функции распределения тяжелых ионов, ускоренных стохастическим и регулярным механизмами, при учете зарядовых переходов. Показано, что ионизация и рекомбинация могут существенно изменить форму энергетических и зарядовых спектров ионов (по сравнению с моделью пробных частиц) даже для упрощенной зависимости времен ускорения и скоростей атомных процессов от энергии и заряда. В этом же приближении зависимость среднего заряда ускоренного иона от энергии показывает его логарифмический рост. Разработана численная модель, описывающая регулярное ускорение многозарядных ионов на фронте УВ с учетом ионизации и рекомбинации. Исследовано влияние различных параметров плазмы области ускорения (концентрации, температуры и спектрального индекса рассеивающей турбулентности) на форму энергетических и зарядовых спектров. Предложена возможность определения этих параметров плазмы при сопоставлении с экспериментальными данными.

Показано, что измеренные за последнее время зависимости средних зарядов железа от энергии для постепенных солнечных событий можно объяснить влиянием обдирки на формы энергетических и зарядовых спектров ускоренных в этих событиях ионов. При этом температура области ускорения определяет лишь инжекционные равновесные зарядовые распределения, а не зарядовые распределения ускоренных ионов. Поскольку основным параметром, отражающим изменение зарядовых спектров в процессе ускорения, является произведение характерного времени ускорения, T_a , на концентрацию плазмы, N , то, зная это время, можно из сопоставления с наблюдательными данными оценить N в области ускорения. Получены численные решения задачи о диффузионном ускорении ионов кислорода и углерода на УВ, ограничивающей гелиосферу. При инжекции в процесс ускорения однозарядных ионов последние могут изменять свой заряд при наборе энергии, главным образом, за счет столкновительной ионизации протонами, электронами и нейтральным водородом. Сопоставление с наблюдательными данными указывает на вероятное последующее изменение зарядов во время распространения ионов АК КЛ в гелиосфере.

Конденсация на частично смачиваемых поверхностях с отрицательным линейным натяжением

Д. Татьянаенко

Санкт-Петербургский государственный университет
dtat@snoopy.phys.spbu.ru

В результате естественных и антропогенных процессов в атмосфере Земли присутствует большое количество частиц различной природы. Их наличие обеспечивает преимущественно гетерогенный механизм образования жидкокапельного аэрозоля (осадков, туманов и т.п.), при котором эти частицы служат ядрами (т.е. центрами) конденсации. Для случая полностью смачиваемых ядер существует развитая теория, описывающая как термодинамику, так и кинетику образования капель — зародышей новой фазы. Однако не все частицы, присутствующие в атмосфере, полностью смачиваются водой. Исследования конденсации на частично смачиваемых поверхностях и ядрах является, таким образом, важной задачей.

Преимущество гетерогенного механизма конденсации термодинамически обусловлено существованием максимума на кривой зависимости химического потенциала зародыша новой фазы от размера зародыша, приводящего к эффективному *безбарьерному* механизму каплеобразования. Таким образом, любая система с такими термодинамическими свойствами должна

обеспечивать сходный механизм конденсации.

Была исследована зависимость химического потенциала конденсата от размера зародыша при конденсации пересыщенных паров на частично смачиваемых твердых поверхностях. Зародыши новой фазы представляют собой сидящие капли-линзочки, для которых при микроскопическом описании учитывается линейное натяжение вдоль линии трехфазного контакта.

Для описания свойств тонких жидких пленок на подложке использованы модельные изотермы расклинивающего давления, соответствующие частичному смачиванию. Проведенное численное исследование профилей толщины и зависимости химического потенциала конденсата от числа молекул в зародыше не обнаруживает предсказанного ранее безбарьерного зарождения капель в случае отрицательного линейного натяжения. Для объяснения этого факта была привлечена простая модельная изотерма расклинивающего давления, позволяющая сделать аналитические оценки. Показано, что полученный результат можно объяснить неприменимостью микроскопического подхода для описания эффекта.

Работа выполнена при поддержке Конкурсного Центра Фундаментального Естествознания (КЦФЕ) Минобразования Российской Федерации (программа поддержки молодых учёных, грант М2000-2.4К-559).

Бесконтактное измерение времени жизни неосновных носителей заряда в карбиде кремния

А. В. Штурбин, *И. Е. Титков*

Санкт-Петербургский Государственный Технический Университет
ilya@twonet.stu.neva.ru

Времена жизни t и соответствующие им диффузионные длины (L) неравновесных носителей заряда реальных полупроводников лимитируются, как правило, различными дефектами структуры, и поэтому измерение этих параметров служит надежным способом диагностирования качества получаемого материала. С другой стороны, t и L определяют эффективность работы всех инжекционных устройств и, следовательно, знание их чрезвычайно важно в практическом отношении.

Предлагаемый нами способ измерения t напоминает известный контактный метод модуляции проводимости полупроводника точечным контактом [1]. Оригинальность методики заключена в конструкции инжектирующего контакта, а именно: в качестве инжектора выступает не прижимное острие, или специально изготовленный р-п переход, а плазма газового разряда, сжатая в шнур диаметром 20 мкм. Шнур образуется при возникновении

искры между поверхностью полупроводника и отстоящим от нее металлическим острием. Поскольку величина искрового промежутка в наших экспериментах мала (около 0,1 мм), энергия искры недостаточна для эрозии поверхности, поэтому метод можно считать неразрушающим. Измеряемыми величинами являются амплитуды импульсов разрядного тока при разных полярностях металлического острия.

Наш метод имеет несколько преимуществ перед [1]: 1) дает возможность быстрого сканирования поверхности с целью изучения топологии образца; 2) относительно высокая частота зондирующих импульсов (десятки герц) позволяет повысить точность измерений, используя схемы накопления информации; 3) не повреждается исследуемый образец. Отметим, что представленный метод является естественным развитием [2], где плазменный контакт был впервые применен для локального контроля удельного сопротивления и типа проводимости полупроводников.

В докладе приводятся результаты измерений измерения времени жизни и диффузионной длины неосновных носителей в кристаллах Lely 6H-SiC:N и эпитаксиальных пленках.

Список литературы

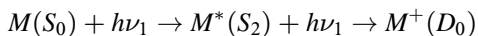
- [1] Л. П. Павлов, Методы определения основных параметров полупроводниковых материалов. Высшая школа, Москва (1975), 206.
- [2] Штурбин А. В., Шалыгин В. А., Румянцева И. Д., Антюшин В. С. Способ локального контроля удельного сопротивления полупроводников и устройство для его осуществления. Патент РФ N 1822972, 1993 (Опубл. в бюллет. Изобретения, 1993, N 23, с. 53)

Ступенчатая фотоионизация паров 2,4-диоксибензальдегида и 3,4-диметоксипропиофенона

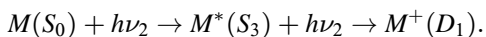
М. Е. Акопян, В. И. Клейменов, М. В. Клейменов, *А. Г. Феофилов*
НИИФ СПбГУ

Методами лазерной фотоионизационной спектроскопии изучены процессы ступенчатой ионизации и диссоциации паров двух кислородсодержащих соединений бензола: 2,4-дигидроксибензальдегида ($2, 4 - (\text{OH})_2\text{C}_6\text{H}_3\text{C}(\text{O})\text{H}$) и 3,4-диметоксипропиофенона ($3, 4 - (\text{CH}_3\text{O})_2\text{C}_6\text{H}_3\text{C}(\text{O})\text{C}_2\text{H}_5$). Для этих соединений в спектральной области наших измерений (315–266 нм) доступны возбужденные состояния нейтральной молекулы и катиона различной орбитальной природы. Задача работы состояла в определении влияния типа этих состояний на механизмы набора энергии и фрагментацию при ступенчатом возбуждении и ионизации. Установлено, что для обоих

соединений при интенсивности лазерного излучения до 10^6 Вт/см² доминирует процесс двухступенчатой ионизации с генерацией молекулярных ионов. Установлено, что для 2,4-дигидроксibenзальдегида во всем спектральном диапазоне наших измерений доминирующим механизмом образования фрагментных ионов является «ионизация-диссоциация». Выяснено, что для 3,4-диметоксипропиофенона имеет место конкуренция двух механизмов: «ионизация-диссоциация», при котором фрагментные ионы образуются в результате фотодиссоциации молекулярного иона, и «диссоциация-ионизация» с разрывом альфа-связи карбонильной группы и образованием фрагмента ($M-C_2H_5$), который затем ионизуется под действием лазерного излучения. Поглощение дополнительных квантов приводит к диссоциации этого фрагмента. Константа скорости диссоциации молекулы из промежуточных состояний S_2 и S_3 оценена как $\sim 10^8$. Для обоих соединений обнаружены и обсуждаются отличия в составе и относительном выходе фрагментных ионов в зависимости от пути набора энергии до фотодиссоциации:



или



Для 2,4-дигидроксibenзальдегида ($M = 138$ а.е.м.) предложены каналы образования фрагментных ионов с массами 137, 110, 92, 81, 69, 63, 55, 53 и 39 а.е.м., а для 3,4-диметоксипропиофенона ($M = 194$ а.е.м.) — фрагментных ионов с массами 165, 137, 122, 107, 92, 79, 77 и 51 а.е.м.

Поисковые проекты

Исследование фазового перехода II рода в разупорядоченных системах поляризованными нейтронами: перколяционный сценарий перехода

С. В. Григорьев

Петербургский Институт Ядерной Физики, Гатчина, 188350, Россия

В рамках проекта методами трехмерного анализа поляризации нейтронов и малоуглового рассеяния нейтронов исследовался магнитный фазовый переход в железо - никелевых сплавах с ГЦК решеткой ($\text{Fe}_{70}\text{Ni}_{30}$, допированный 0.7% С и $\text{Fe}_{65}\text{Ni}_{35}$). Сосуществование и рост двух разномасштабных магнитных корреляций обнаружены и наблюдались в парамагнитной фазе по мере приближения к T_C . Обычные критические флуктуации, описываемые Лоренцианом с размером $R_c < 230 \text{ \AA}$, обнаружены при анализе спектров малоуглового рассеяния нейтронов. С другой стороны, деполяризационный анализ показывает наличие крупномасштабных корреляций (около $10^3 - 10^4 \text{ \AA}$), описываемых «квадрированным» Лоренцианом. Предполагается, что крупномасштабные корреляции возникают из-за локальных вариаций температуры Кюри T_C . Локальные T_C -вариации описываются через параметры разупорядочения системы: среднюю температуру $\langle T_C \rangle$, полширину T_C -вариации, ΔT_C , и характерный размер области, R_0 , где имеет место T_C -вариация. Соотношение между величиной T_C -вариации, $\Delta T_C / \langle T_C \rangle$, и ее характерной корреляционной длиной R_0/a (a — постоянная решетки) определяет сценарий перехода: «перколяционный» или «однородный». Если $R_0/a \gg (\Delta T_C / \langle T_C \rangle)^{-2/3}$, то локально упорядоченные ферромагнитные области появляются в парамагнитной фазе и, затем, формируют большие перколяционные кластеры. В данном случае, корреляционная длина такой области доминирует над корреляционной длиной тепловых флуктуаций. И следовательно, фазовый переход идет по «перколяционному» сценарию. Все три параметра перехода были получены из данных трехмерного анализа деполяризации нейтронов. Из температурной зависимости намагниченности было установлено $\langle T_C \rangle = 397 \pm 0.5 \text{ К}$ и $\Delta T_C = 4.55 \pm 0.05 \text{ К}$ для сплава $\text{Fe}_{70}\text{Ni}_{30}$ и $\langle T_C \rangle = 485 \pm 0.5 \text{ К}$, $\Delta T_C = 12.5 \pm 0.2 \text{ К}$ для $\text{Fe}_{65}\text{Ni}_{35}$. Из деполяризации нейтронного пучка был оценен характерный размер T_C -

вариации, R_0 , который не зависит от температуры. Он равнялся 10^4 \AA для сплава $\text{Fe}_{70}\text{Ni}_{30}$ и $6 \cdot 10^4 \text{ \AA}$ для сплава $\text{Fe}_{65}\text{Ni}_{35}$. В то же время корреляционная длина магнитного кластера, R_d , растет с приведенной температурой в ферромагнитной области как $R_d \sim (\tau)^\Delta$ с $\Delta = 0.65 \pm 0.05$. Проведено теоретическое обоснование полученных результатов с использованием концепции разупорядочения инварных FeNi сплавов, приводящего к локальным вариациям температуры Кюри около ее среднего значения. Обсуждаются критерии реализации перколяционного сценария фазового перехода.

Самоорганизация и $1/f$ -шум в гранулированных сверхпроводниках

С. Л. Гинзбург, *Н. Е. Савицкая*

ПИЯФ РАН

savitska@thd.pnpi.spb.ru

Как известно, $1/f$ -шум широко распространен в природе и технике. Однако, несмотря на его всездусущество, до сих пор нет ясного понимания природы этого явления. Для его объяснения была в частности предложена концепция самоорганизованной критичности [1]. Согласно данной концепции гигантские динамические системы, состоящие из огромного числа взаимодействующих элементов, в процессе своей эволюции приходят в критическое состояние, которое является самоподдерживающимся. По структуре оно представляет собой набор метастабильных состояний, переходящих друг в друга посредством «лавины», возникающих после малого внешнего возмущения системы. Создателями теории самоорганизации было выдвинуто предположение, что именно самоорганизованные системы и являются источниками $1/f$ -шума. Однако впоследствии в стандартных моделях, используемых для изучения СОК $1/f$ -шума обнаружено не было. Поэтому по-прежнему идет поиск самоорганизованных систем, в которых имеется $1/f$ -шум (см., например, [2]).

Ранее нами [3–7] было показано, что интересным примером систем с СОК являются гранулированные сверхпроводники при большом значении основного параметра $V \gg 1$, (где j_c — критический ток через контакт, a — размер гранул, Φ_0 — квант потока магнитного поля). Благодаря своим физическим свойствам эти системы позволяют изучать самоорганизацию в условиях, которые являются нефизическими для ранее предложенных моделей с СОК, но естественны для гранулированных сверхпроводников. Это и позволило предположить, что именно на их примере возможно изучить

связь $1/f$ -шума и самоорганизации.

В настоящей работе мы теоретически и методом компьютерного моделирования изучали критическое состояние в квазиодномерном многоконтактном СКВИДе размером $N \times L$ ($N \ll L$) с закрытыми граничными условиями, помещенном в медленно меняющееся магнитное поле. В результате мы показали, что в спектрах среднего тока для систем различных размеров имеется широкая область $1/f$ -шума, ограниченная лишь размером системы L . При этом в квазиодномерном случае самоорганизации в системе не наблюдалось, в двумерной же ситуации система являлась самоорганизованной, то есть интегральные напряжения имели степенное распределение.

Список литературы

- [1] P. Bak, C. Tang, K. Wiesenfeld, *Phys. Rev. Lett.*, **59**, 381 (1987).
- [2] S. Maslov, C. Tang, Y-C. Zhang, *Phys. Rev. Lett.*, **83**, 2449 (1999).
- [3] С. Л. Гинзбург, *ЖЭТФ*, **106**, 607 (1994).
- [4] S. L. Ginzburg, M. A. Pustovoit, N. E. Savitskaya, *Phys. Rev. E*, **57**, 1319 (1998).
- [5] С. Л. Гинзбург, Н. Е. Савицкая, *Письма в ЖЭТФ*, **68**, 688 (1998).
- [6] С. Л. Гинзбург, Н. Е. Савицкая, *Письма в ЖЭТФ*, **69**, 119 (1999).
- [7] С. Л. Гинзбург, Н. Е. Савицкая, *ЖЭТФ*, **17**, 227 (2000).

Фокусировка излучения в лазере с искривленными штрихами распределенного береговского зеркала

Г. С. Соколовский

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе

Gregory@kuch.ioffe.rssi.ru

В настоящее время в мире проявляется большой интерес к созданию высокомошных одночастотных одномодовых источников лазерного излучения, область применения которых варьируется от медицины (например, ядерная магнито-резонансная томография) до связи (накачка эрбиевых волоконных усилителей сигнала в волоконно-оптических линиях связи). Однако предложенные к настоящему времени конструкции не обеспечивают высокой мощности при сохранении возможности частотного и пространственного контроля выходного излучения. В настоящей работе развивается выдвинутая ранее [1–4] идея фокусировки излучения в лазере, штрихи дифракционной решетки которого представляют собой дуги концентрических окружностей, обеспечивая фокусировку всех мод лазерного излучения в общий фокус в плоскости р-п-перехода. Это является принципиальным отличием геометрии предлагаемого лазера от «обычной» конструкции, где

«геометрический источник» излучения любой моды высшего порядка существенно сдвинут по длине резонатора относительно «источника» излучения нулевой моды, что препятствует фокусировке неодномодового излучения. Фокусировка излучения в лазере предложенной конструкции в направлении, перпендикулярном плоскости p - n перехода, легко осуществляется при помощи цилиндрической микролинзы (например, отрезка одномодового оптического волокна укрепленного непосредственно на теплоотводе лазерного диода). На основании выполненной теоретической оценки размера перетяжки при фокусировке света криволинейной решеткой в параксиальном и «квазипараксиальном» приближениях и, принимая во внимание высокую частотную селективность резонатора с распределенным брегговским зеркалом, можно утверждать, что предлагаемая конструкция является на сегодняшний день наиболее эффективным и простым решением проблемы фокусировки излучения мощных полупроводниковых лазеров с широким полоском.

Список литературы

- [1] G.S.Sokolovskii et al, *Optical and Quant. El.*, 1999 v.31, 3, pp.215-221.
- [2] G.S.Sokolovskii et al, *Int. Symp. Nanostructures: Physics and Technology (NANO-2000)*, St.Petersburg, Russia, 22-26 June 2000.
- [3] G.S.Sokolovskii et al, *Int. Conf. on Lasers and Electro-Optics (CLEO-Europe)*, Nice, France, 10-15 September 2000.
- [4] G.S.Sokolovskii et al, *IEEE Journal of Quant. El.*, 2000, v.36, 12, pp.1412-1420.

Ускорение электронов ударными волнами и нетепловое излучение остатков сверхновых звёзд и комплексов высокоскоростных облаков

Ю. А. Уваров

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН

Наблюдаемое от многих астрофизических объектов нетепловое излучение свидетельствует об эффективной генерации нетепловых частиц в этих объектах, в первую очередь, электронов. За ускорение частиц могут отвечать различные механизмы, но наиболее универсальным является механизм ускорения частиц ударными волнами (УВ), поскольку ударные волны возникают практически во всех объектах, характеризующихся мощным энерговыделением, и способны сформировать строго степенной спектр частиц в очень широком диапазоне энергий.

В условиях разряженной плазмы УВ являются бесстолкновительными. Компьютерное моделирование структуры бесстолкновительных УВ с ис-

пользованием гибридных кодов, рассматривающих протоны как частицы, а электроны как жидкость, позволило описать основные особенности сверхкритических квазипродольных УВ. Фронт квазипродольной сверхкритической УВ представляет собой весьма протяженную переходную область, заполненную флуктуациями магнитного поля с амплитудами $\delta B/B \sim 1$ и характерными частотами ниже гирочастоты иона. Электроны с гирорадиусами больше ширины фронта будут эффективно ускоряться механизмом Ферми первого порядка в окрестности квазипродольной УВ. Однако для этого их энергия в большинстве случаев должна существенно превышать тепловую и необходимо решать вопрос об инжекции электронов в механизм ускорения Ферми. Воспользовавшись рассчитанной в гибридных кодах структурой ударной волны можно в рамках кинетической теории рассчитать функцию распределения электронов. На этом основывается модель, позволяющая рассчитать энергетический спектр электронов вблизи быстрой квазипродольной ударной волны с числом Маха $M < M_* \equiv (\beta m_p / m_e)^{1/2}$.

В рамках данной модели возможен расчет излучения от остатков сверхновых звёзд и высокоскоростных облаков (ВО). Непосредственно рассчитывалось излучение от остатка сверхновой SN1006 и комплексов высокоскоростных облаков А, М. Результаты расчетов согласуются с наблюдениями остатка SN1006 в радио, рентгеновском и гамма диапазонах, а также наблюдениями гамма излучения от ВО комплексов М и А, выполненными телескопом COMPTEL на борту орбитальной Комптоновской Обсерватории.

Кинематика околосолнечного пространства по данным каталога Hipparcos

А. С. Цветков

Астрономический институт им. В. В. Соболева СПбГУ

Стандартная кинематической модели

Для интерпретации собственных движений звезд в настоящее время применяется модель, ставшая уже стандартной, которая учитывает три основных кинематических эффекта: остаточное прецессионное движение (для наземных каталогов), вращение Галактики (обычно в рамках модели Оорта-Линдблада), поступательное движения Солнца. Хорошо известно, что данная модель не всегда хорошо соответствует наблюдениям. В частности, в работе [1], авторам удалось построить критерии соответствия модели наблюдениям и показать, что этим критериям удовлетворяет только

поступательное движение Солнца.

Со середины XX века предпринимались попытки дополнить стандартную модель новыми компонентами. В частности, особой популярностью пользовалась гипотеза Местной системы звезд и ее вращения, которое исказает «нормальное» поле скоростей в окосолнечной окрестности.

Автор неоднократно обращался к теме Местной системы звезд, наиболее значимые результаты приведены в работах [2], [3]. Однако, громоздкость уравнений, описывающие вращение Местной системы, приводит к затруднениям при аналитических преобразованиях, а также не позволяет провести тест адекватности модели вращения наблюдательным данным. Желательно было бы найти более простой метод определения аномалий поля скоростей.

Метод построения поля скоростей

Появление каталога Hipparcos и наличие в нем индивидуальных параллаксов звезд позволяет поставить новые звездно-кинематические задачи, решить которые ранее не представлялось возможным. К сожалению, каталог не содержит лучевых скоростей, тем самым мы не можем получить непосредственно трехмерную скорость каждой звезды.

Тестирование стандартной модели на материале каталога Hipparcos показало, что опять уверенно определяется движение Солнца. Говорить о присутствии в собственных движениях эффектов вращения Галактики можно лишь для далеких звезд (> 300 пк), кинематика близких звезд значительно богаче [4] и нуждается в более детальном исследовании.

Метод, примененный автором для построения поля скоростей звезд в окрестности Солнца, чрезвычайно прост и основывается на решении уравнений Эри-Ковальского для различных групп звезд и определении взаимного движения центроидов этих звезд. Индивидуальные параллаксы звезд позволяют организовать их выборку в неконцентрических сферах. Определив параметры движения Солнца V_x, V_y, V_z для каждой сферы и построив их разности, мы можем реконструировать полное трехмерное поле скоростей звезд каталога Hipparcos (даже без знания лучевых скоростей звезд). Наложение дополнительных условий на выборку (спектральный класс, абсолютная звездная величина) позволяет детализировать исследование.

Полученное поле скоростей может быть изучено с помощью обычных методов анализа векторных полей.

Список литературы

- [1] В. В. Витязев, А. С. Цветков, Исследование лучевых скоростей и собственных движений звезд каталогов FK4, N30, FK3, GC с помощью сферических функ-

- ций, *Вестник ЛГУ*, 1990, Сер. 1, Вып. 2 (N9)
- [2] Tsvetkov A. S., The Local star system: kinematics derived from proper motions. *Astronomical and Astrophysical transactions*, 1994
- [3] Tsvetkov A. S., The Local stellar system: kinematics derived from the proper motions of the HIPPARCOS catalogue. *Journees 1997, Systemes de reference spatiotemporels*, Prague
- [4] Tsvetkov A. S., A method to test the adequacy of a model to observations, in *ASP Conf. Ser.*, Vol. 172, *Astronomical Data Analysis Software and Systems VIII*, eds. D. M. Mehringer, R. L. Plante, and D. A. Roberts (San Francisco: ASP), p.42-45

Содержание

| | |
|---|----------|
| Предисловие | 3 |
| Дипломные проекты | 5 |
| Клонирование фрагмента кДНК рецептора церулоплазмينا человека и анализ его филогенетического родства <i>А. В. Васин</i> | 5 |
| Ядерная магнитная релаксация в водных растворах кислот <i>А. А. Воронцова</i> | 6 |
| Моделирование межзвездного поглощения с учетом распространенности химических элементов <i>Д. Н. Дубкова</i> | 7 |
| Импульсная активность и модель памяти канонического кортикального модуля <i>С. А. Евдокимов</i> | 8 |
| Регуляция взаимодействия миозина с актином актин-связывающими участками кальдесмона <i>В. С. Ермаков</i> | 9 |
| Формирование точечных дефектов в бездислокационном кремнии <i>В. А. Забелин</i> | 10 |
| Механизм перехода в генерацию инжекционного лазера с точки зрения теории сверхизлучения <i>Л. Я. Карачинский</i> | 11 |
| Моделирование пристеночной плазмы токамаков с помощью численного кода B2-SOLPS 5.0 <i>Е. Г. Кавеева</i> | 13 |
| Оптический конструктор, моделирующее ядро и программная среда электронного учебника <i>К. П. Колинко</i> | 14 |
| Расчет размерности составного оператора $\phi' \Delta \phi'$ при произвольной размерности пространства в стохастической теории развитой турбулентности. <i>М. В. Компаниец</i> | 15 |
| Влияние индуцибельной экспрессии онкобелка Ras на дифференцировку клеток тератокарциномы мыши F9 <i>А. В. Красикова</i> | 16 |

| | |
|---|----|
| Аналитическое и численное исследование равновесных характеристик капли с заряженным ядром конденсации во внешнем электрическом поле | |
| <i>М. С. Киевецкий, А. К. Щёкин</i> | 17 |
| Моделирование однородного тлеющего разряда атмосферного давления | |
| <i>В. А. Майоров</i> | 18 |
| Возбуждение параметрического резонанса при коллективном взаимодействии когерентного электромагнитного поля с оптически плотной резонансной неинвертированной средой | |
| <i>В. С. Егоров, И. Б. Мехов, П. В. Морошкин, А. Н. Федоров, И. А. Чехонин</i> | 19 |
| Резонансный магнитоэлектрический эффект в магнитоупорядоченных материалах | |
| <i>И. С. Никифоров, Д. А. Филиппов</i> | 20 |
| Численное моделирование деформирования и разрушения сред с полиморфными фазовыми переходами | |
| <i>Е. А. Ноткина</i> | 21 |
| Улучшение характеристик лазерных гетероструктур в системе A_2B_6 | |
| <i>И. И. Новиков</i> | 22 |
| Компьютерный анализ последовательности минисателлита UPS29 человека | |
| <i>И. В. Огнева</i> | 24 |
| Формирование и релаксация тепловых динамических голограмм в растворах фуллеренов | |
| <i>А. Л. Пяйт</i> | 25 |
| Длинноволновое излучение в структурах с InGaAs/GaAs квантовыми точками | |
| <i>Д. С. Сизов</i> | 27 |
| Двухфотонный когерентный контроль атомного столкновения классическим и перепутанным светом | |
| <i>Д. В. Куприянов, А. В. Славгородский, И. М. Соколов</i> | 28 |
| Слабая локализация в квазидвумерных системах | |
| <i>С. А. Тарасенко</i> | 29 |
| Исследование нелинейного спин-волнового пленочного СВЧ интерферометра | |
| <i>А. Б. Устинов</i> | 30 |

| | |
|---|-----------|
| Кандидатские проекты | 32 |
| Резонансное возбуждение волн фотопроводимости и пространственной перезарядки ловушек в кубических фоторефрактивных кристаллах | |
| <i>М. А. Брюшинин, С. А. Кукушкин, И. А. Соколов</i> | 32 |
| Применение оптических методов для исследования процесса теплопереноса в условиях микрогравитации | |
| <i>О. Н. Буденкова</i> | 33 |
| Влияние косвенных квантовых измерений на описание поля в микромазере | |
| <i>Г. П. Мирошниченко, И. П. Вадейко</i> | 35 |
| Рост сверхтонких пленок дисилицида кобальта на кремнии | |
| <i>Д. А. Валдаицев</i> | 36 |
| Исследование критической термодинамики многоподрешёточных антиферромагнетиков методом ϵ разложения в четырёхпетлевом приближении | |
| <i>К. Б. Варнаиёв</i> | 37 |
| Изучение активности гена церулоплазмينا | |
| <i>Н. Е. Гюлиханданова</i> | 38 |
| Полевой эффект в гранулированных металлических пленках | |
| <i>Д. А. Закгейм, И. В. Рожанский</i> | 40 |
| Хаос в квантовых системах | |
| <i>И. Б. Иванов</i> | 41 |
| Исследование характеристик приемной системы с целью реализации предельных параметров радиотелескопа ТНА-400-1 РСДБ | |
| <i>Д. В. Иванов</i> | 42 |
| Статистическое исследование звезд окрестности Солнца | |
| <i>Е. Э. Казакевич</i> | 44 |
| Исследование механизмов ионизации атомов быстрыми ионами | |
| <i>К. В. Кашников</i> | 46 |
| Свойства систем с динамической структурой взаимодействий | |
| <i>О. В. Кириллова</i> | 47 |
| Влияние межмолекулярного резонансного взаимодействия на поляризуемость молекул CF_4 и SF_6 в области фундаментальных полюсов поглощения | |
| <i>И. М. Кисляков</i> | 48 |

| | |
|--|-----------|
| Электропроводящие и механические свойства микропористых пленок полиэтилена со слоями проводящих полимеров <i>И. С. Курьиндин, Г. К. Ельяшевич</i> | 49 |
| Критическая термодинамика двумерных систем в пятипетлевом ренормгрупповом приближении <i>Е. В. Орлов, А. И. Соколов</i> | 50 |
| Жидкокристаллическое упорядочение в полимерных щетках <i>А. Полоцкий</i> | 51 |
| Расчет квадратичной поляризуемости теплой замагниченной плазмы <i>Е. З. Гусаков, А. Ю. Попов</i> | 51 |
| Структурные и спектральные свойства комплексов платины (II) с хиральным сульфоксидным лигандом и взаимодействие этих комплексов с аминокислотами <i>А. Н. Скворцов</i> | 52 |
| Исследование процессов фотодиссоциации двухатомных молекул на основе регистрации поляризованных атомов галогенов методом многофотонной лазерной спектроскопии <i>А. Г. Смолин</i> | 53 |
| Ускорение тяжелых ионов в рамках зарядово-согласованной модели <i>М. Ф. Стюпок</i> | 54 |
| Конденсация на частично смачиваемых поверхностях с отрицательным линейным натяжением <i>Д. Татьянаенко</i> | 55 |
| Бесконтактное измерение времени жизни неосновных носителей заряда в карбиде кремния <i>А. В. Штурбин, И. Е. Титков</i> | 56 |
| Ступенчатая фотоионизация паров 2,4-диоксibenзальдегида и 3,4-диметоксипропиофенона <i>М. Е. Акопян, В. И. Клейменов, М. В. Клейменов, А. Г. Феофилов</i> | 57 |
| Поисковые проекты | 59 |
| Исследование фазового перехода II рода в разупорядоченных системах поляризованными нейтронами: перколяционный сценарий перехода <i>С. В. Григорьев</i> | 59 |

| | |
|--|----|
| Самоорганизация и $1/f$ -шум в гранулированных сверхпроводниках | |
| <i>С. Л. Гинзбург, Н. Е. Савицкая</i> | 60 |
| Фокусировка излучения в лазере с искривленными штрихами рас- пределенного брегговского зеркала | |
| <i>Г. С. Соколовский</i> | 61 |
| Ускорение электронов ударными волнами и нетепловое излучение остатков сверхновых звёзд и комплексов высокоскоростных обла- ков | |
| <i>Ю. А. Уваров</i> | 62 |
| Кинематика околосолнечного пространства по данным каталога Hipparcos | |
| <i>А. С. Цветков</i> | 63 |