

УДК 621.38

В. Г. Попов

Институт проблем технологии микроэлектроники РАН
Московский физико-технический институт (государственный университет)

Обзор по тематике 5-й Всероссийской конференции молодых ученых «Микро-, нанотехнологии и их применение» им. Ю.В. Дубровского

УДК 53.082.532

И. И. Корель^{1,2}, В. И. Денисов¹, Б. Н. Ньюшков^{1,3}, В. С. Пивцов¹

¹Институт лазерной физики СО РАН, Новосибирск

²Новосибирский государственный технический университет

³Новосибирский государственный университет

Прецизионные лазерные системы на основе оптических волокон*

Рассматриваются вопросы разработки и исследования основных функциональных блоков мобильных фемтосекундных оптических часов на основе малогабаритного Nd:YAG/I₂ оптического стандарта частоты и цельноволоконной лазерной системы. Представлены результаты экспериментов по уширению фемтосекундной гребенки частот до октавы (1÷2 мкм) и численные результаты моделирования генерации суперконтинуума в высоконелинейных волокнах со сложным дисперсионным профилем.

Ключевые слова: фемтосекундные оптические часы, генерация суперконтинуума, высоконелинейные оптические волокна, вычислительный эксперимент.

УДК 535.37

*Е. А. Менькович¹, С. А. Тарасов¹, И. А. Ламкин¹, S. Suihkonen², O. Svensk²,
H. Lipsanen²*

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

²Aalto University, Department of Micro and Nanosciences

Исследование физических процессов, возникающих в условиях низких температур и токов в светоизлучающих наногетероструктурах на основе полупроводниковых нитридов*

Исследованы светоизлучающие наногетероструктуры с множественными квантовыми ямами на основе твердых растворов (Al, Ga, In)N. Изучены свойства структур двух типов: содержащие сверхрешетку (тип А) или имеющие в своем составе увеличенное число квантовых ям (тип В). Эксперимент был проведен в условиях криогенных температур (10–300 К) и низких токов (10 нА–2 мА). Было проведено сравнение параметров наноструктур разного типа. Установлено, что структуры типа А обладают лучшими рабочими характеристиками и более высокой стабильностью излучения. Рассмотрено влияние сверхрешетки на упругие напряжения и деформацию решетки на гетерограницах, в том числе на возникающее из-за них встроенное электрическое поле. Показано увеличение интенсивности излучения и снижение эффекта саморазогрева в структуре типа А, что обусловлено уменьшением дефектности в таких наноструктурах.

Ключевые слова: наногетероструктуры, люминесценция, сверхрешетка, криогенные температуры, упругие напряжения.

УДК 535.8

*А. В. Трифонов^{1,2}, Н. В. Аверьев¹, И. А. Чараев^{1,3}, В. А. Селезнев¹,
А. А. Корнеев^{1,2}, А. В. Семенов¹, Г. Н. Гольцман^{1,3}, Г. М. Чулкова^{1,2}*

¹Московский педагогический государственный университет

²Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

³ЗАО «СКОНТЕЛ»

Исследование природы темнового счета сверхпроводникового однофотонного детектора*

Работа посвящена сравнению с экспериментом модели термически активированных одиночных вихрей, описывающей темновой счет сверхпроводникового однофотонного детектора. Получено, что модель достаточно хорошо описывает зависимость числа темновых отсчетов в единицу времени от тока смещения, если последний достаточно близок к критическому току ($I_b \geq 0.9I_c$).

Ключевые слова: сверхпроводимость, сверхпроводниковый однофотонный детектор, термически активированные одиночные вихри, темновой счет.

УДК 538.935

Е. Л. Шангина

Институт физики высоких давлений РАН

Энергетическая релаксация в гетеродинных детекторах на основе двумерных электронных систем*

Обсуждаются способы применения теоретических результатов исследования энергетической релаксации двумерных электронов на акустических фононах в полупроводниковых структурах A^3B^5 , A^2B^6 и составленных из элементов IV группы с кубической решеткой при анализе частотного диапазона гетеродинного детектора. Показано, что механизм передачи энергии горячих электронов фононному термостату преобладает в длинных ($L > 1$ мкм) AlGaAs/GaAs мостиках; в более коротких каналах охлаждение носителей происходит диффузией в контакты. Предсказано резкое увеличение скорости энергетической релаксации в кремниевых образцах на металлической стороне перехода металл–диэлектрик. Рассматривается использование этого эффекта в терагерцовом мониторинге наземного и космического базирования.

Ключевые слова: энергетическая релаксация, двумерный электронный газ, полупроводниковые структуры, акустические фононы, смеситель (болометр) на горячих электронах, квантовый фазовый переход, скейлинг, терагерцовый диапазон частот, гетеродин, полосообразования.

УДК 538.935

*М. В. Якунин¹, С. М. Подгорных¹, В. Н. Неверов¹, А. П. Савельев¹,
А. де Виссер², Джс. Галисту²*

¹Институт физики металлов УрО РАН²Институт Ван-дер-Ваальса–Зеемана, Амстердамский Университет

Интерференция спиновых и туннельных щелей в квантовом магнито транспорте двойной квантовой ямы n -InGaAs/GaAs*

Обнаружены сложные трансформации осцилляций магнитосопротивления двойной квантовой ямы $In_{0.2}Ga_{0.8}As/GaAs$ с наклоном магнитного поля, отражающие поведение щелей в рассчитанной картине магнитных уровней. В наклонном поле в области больших номеров Ландау туннельные щели осциллируют с полем, что отражается в резком изменении отдельных особенностей магнитосопротивления в узких интервалах полей и углов. Минимум при малом факторе заполнения $\nu = 3$ плавно, но немонокотонно, меняется с наклоном поля, поскольку соответствующая щель превращается из спиновой в туннельную.

Ключевые слова: двойная квантовая яма, квантовый магнито транспорт, наклонные магнитные поля, спиновая щель, туннельная щель.

УДК 538.955

*Ж. А. Девизорова^{1,2}, В. А. Волков^{2,1}*¹Московский физико-технический институт (государственный университет)²Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН

Нелинейное и анизотропное спиновое расщепление электронных уровней Ландау в наноструктурах на основе GaAs

Из общих требований получено оригинальное граничное условие для эффективных волновых функций, являющихся огибающими полной волновой функции электрона в кристалле. Это условие описывает атомарно резкую гетерограницу в гетеропереходе GaAs / Al_xGa_{1-x}As и зависит от единственной феноменологической константы. Показано, что вследствие резкости гетерограницы и спинового расщепления зоны проводимости, которое обусловлено отсутствием центра инверсии в системе, спиновое расщепление электронных уровней Ландау в двумерной электронной системе является анизотропным и нелинейным по B . Определены поправки к тензору g -фактора электрона, линейные по магнитному полю. Показано, что они зависят от объемной константы кубичного по импульсу спинового расщепления зоны проводимости (константа Дрессельхауза) параметра, характеризующего границу R , и от номера соответствующего уровня Ландау. Результаты коррелируют с экспериментом.

Ключевые слова: гетероструктура, двумерная электронная система, спинтроника, фактор Ланде, уровень Ландау.

УДК 537.533.2

П. А. Ерошкин, Е. П. Шешин

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Электронная пушка для рентгеновской трубки с автоэмиссионным катодом

Предложена конструкция электронной пушки с автоэмиссионным катодом на основе остеклованного пучка полиакрилонитрильных углеродных волокон для рентгеновской трубки. Проведено моделирование электронной системы и выявлены оптимальные параметры конструкции.

Ключевые слова: рентгеновская трубка, автоэлектронная эмиссия, углеродные материалы.

УДК 577.32 004.942

А. Ю. Лизунов, Н. И. Зайцева, В. В. Зосимов

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Учет взаимодействий между атомами лиганда в задаче докинга с помощью потенциала усредненных энергий

Предлагается универсальный алгоритм учета нековалентных взаимодействий между атомами лиганда при решении задачи докинга. Предложенный алгоритм может быть реализован с любой эмпирической функцией оценки межатомного взаимодействия. Алгоритм реализован в программе Алгокомб на основе функции оценки межатомного взаимодействия Тарасова–Мурышева. На примере стандартного теста Рогнана показано существенное улучшение качества решения задачи докинга для гибких лигандов при учете внутренних взаимодействий лиганда с помощью предложенного алгоритма.

Ключевые слова: докинг, внутренние взаимодействия лиганда, оценочная функция, оценочная функция на основе усредненных энергий, нековалентные взаимодействия, гибкие лиганды.

УДК 537.9+539.534.9

О. И. Марков, Ю. В. Хрипунов

Орловский государственный университет

Влияние атомарного водорода на реструктуризацию поверхности скола монокристалла висмута

Приводятся результаты исследований морфологии поверхности скола монокристалла висмута после ее обработки в среде атомарного водорода. Показано, что при воздействии атомарным водородом происходит реструктуризация поверхности с образованием наноразмерных структур.

Ключевые слова: висмут, монокристалл, скол, поверхность, атомно-силовая микроскопия.

УДК 621.391.1:004

*И. В. Матюшкин¹, С. В. Коробов¹, Р. Р. Вильданов^{1,2}*¹Научно-исследовательский институт молекулярной электроники²Московский физико-технический институт (государственный университет)

Особенности гексагональных клеточных автоматов на плоской поверхности для задач нанотехнологии

Приведены результаты вычислительных экспериментов в программе SoftCAM с клеточными автоматами тоталистичного типа на гексагональной сетке. Даны некоторые смысловые интерпретации в контексте нанотехнологий.

Ключевые слова: клеточные автоматы, поверхность, нанотехнология, гексагональная сетка, граница, автомат Фредкина.

УДК 62.733; 532.582.7

*В. В. Вышинский¹, А. Г. Наливайко²*¹Московский физико-технический институт (государственный университет)²Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского

Расчётные исследования эффективности воздушных фильтров судовых газотурбинных двигателей

Объектом исследования является инерционный сепаратор для очистки воздуха на входе судового газотурбинного двигателя от капель морской воды, соли и песка. Проведены расчётные исследования инерционных сепараторов различных конструктивных схем. Выполнен анализ их эффективности и гидравлического сопротивления. Предложена оптимальная конструктивная схема инерционного сепаратора, имеющая простую конструкцию и минимальное гидравлическое сопротивление при надлежащей эффективности сепарации.

Ключевые слова: устройство очистки воздуха, инерционный сепаратор, гидравлическое сопротивление, многоступенчатая очистка воздуха, математическое моделирование, уравнения Навье–Стокса, осреднённые по Рейнольдсу.

УДК 533.6.011.8

Зея Мьо Мьинт, А. Ю. Хлопков, Чжоу Зин

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Построение метода Монте-Карло для решения задач высотной аэродинамики

Экспериментальное определение аэродинамических данных для больших высот полета затруднительно не только с технической, но и с экономической точки зрения. Поэтому основным инструментом исследования аэродинамических характеристик космических аппаратов являются численные методы динамики разреженного газа. Развитие численных методов в динамике разреженных газов связано в первую очередь с использованием методов прямого статистического моделирования (Монте-Карло). В настоящей работе представлены алгоритм метода Монте-Карло и различные модели взаимодействия молекул газа с поверхностью. Приведены результаты расчета аэродинамических характеристик космических аппаратов, полученные методом Монте-Карло для различных моделей взаимодействия молекул газа с поверхностью.

Ключевые слова: метод Монте-Карло, динамика разреженного газа, модели взаимодействия газа с поверхностью, модель Максвелла, модель Черчиньяни–Лампис–Лорда, космический аппарат, высотная аэродинамика.

УДК 532.527

*А. М. Гайфуллин^{1,2}, Г. Г. Судаков¹, А. В. Воеводин¹, В. Г. Судаков^{1,2},
Ю. Н. Свириденко^{1,2}, А. С. Петров¹*¹Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского²Московский физико-технический институт (государственный университет)

Влияние удлинения фюзеляжа на аэродинамику магистрального самолета на больших углах атаки

В АДТ Т-103 ЦАГИ проведены экспериментальные исследования модели компоновки пассажирского самолета в крейсерской конфигурации с фюзеляжами различного удлинения (три варианта). Предметом исследования было изучение продольных и боковых характеристик компоновки на больших углах атаки при наличии скольжения. Цель исследований – получение информации о поведении компоновки на этих режимах и изучение влияния удлинения фюзеляжа на аэродинамические характеристики модели самолета. Приведены сравнения данных экспериментальных исследований с результатами расчетов, проведенных в рамках уравнений Рейнольдса. Выявлены области аномального поведения боковой силы на больших углах атаки. Показано, что на углах атаки $\alpha > 15^\circ$ наступает резкое падение силы, действующей на вертикальное оперение, а при $\alpha = 20^\circ$ вертикальное оперение попадает в «тень» вихревой системы крыла и наступает потеря управляемости по боковым характеристикам.

Ключевые слова: самолет, фюзеляж, вихревая система самолета, боковая устойчивость, большие углы атаки, большие углы скольжения, эффективность вертикального оперения.

УДК 531.1

М. И. Лунатов, З. С. До

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Структура сжимаемых вихревых течений Куэтта–Тэйлора

Исследованы течения Куэтта–Тэйлора сжимаемого газа при больших числах Рейнольдса. На основе асимптотического анализа при больших числах Рейнольдса сформулированы математические модели и определены параметры подобия. Построена диаграмма характерных режимов течения при разных длинах волн возмущенного течения.

Ключевые слова: течения Куэтта–Тэйлора, влияние сжимаемости, структура течения.

УДК 532.526.2

Я. Н. Со

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Обтекание треугольного крыла с малым углом стреловидности передней кромки на режиме сильного взаимодействия

Исследовано течение в пространственном пограничном слое на полубесконечном плоском треугольном крыле при малых углах стреловидности передней кромки на режиме сильного вязко-невязкого взаимодействия. В окрестности передних кромок проведено разложение функций течения в степенные ряды, сформулированы и решены краевые задачи для определения функций течения на кромке и собственных чисел. В окрестности плоскости симметрии крыла проведено разложение функций течения в степенные ряды по поперечной координате и малому параметру, связанному с углом стреловидности. Приведены соответствующие краевые задачи для вычисления коэффициентов членов координатно-параметрических разложений и вычислены коэффициенты шести первых членов разложения. Проведено сращивание полученных разложений для определения зависимости индуцированного давления от поперечной координаты для различных значений малого параметра.

Ключевые слова: пространственный пограничный слой, треугольное крыло, сильное взаимодействие, разложение в ряды, сращивание.

УДК 533.9.03

*Р. Х. Амиров¹, Н. А. Ворона^{1,2}, А. В. Гавриков^{1,2}, С. Н. Жабин^{1,2},
Г. Д. Лизякин^{1,3}, В. П. Полищук¹, И. С. Самойлов¹, В. П. Смирнов¹,
Р. А. Усманов^{1,2}, И. М. Ярцев¹*

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт
высоких температур Российской академии наук

² Московский физико-технический институт (государственный университет)

³ Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Экспериментальное исследование процессов вакуумно-дугового испарения и ионизации вещества (гадолиния), моделирующего уран, для разработки технологии плазменной сепарации отработавшего ядерного топлива

Одной из ключевых проблем при разработке технологии плазменной сепарации ОЯТ является конструирование источника плазмы, использующего в качестве сырья твердое вещество отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Данная работа посвящена экспериментальному изучению процессов испарения и ионизации вещества (гадолиния), моделирующего ОЯТ. Для этого создавалась вакуумная дуга с подогреваемым катодом на рабочем веществе — гадолинии — и исследовались ее параметры в разных режимах горения. В ходе эксперимента контролировались температура катода, ток, напряжение и спектр плазмы вакуумного дугового разряда, проводились зондовые измерения. Было установлено, что при увеличении мощности подогрева катода напряжение между электродами существенно падает (до 3 В). Этот факт позволяет понизить энергию электронов дуги и получить однократно ионизованную плазму высокой степени ионизации и выполнить одно из требований для осуществления плазменной сепарации ОЯТ. Этот же вывод подтверждается полученными спектрами плазмы вакуумного дугового разряда и результатами зондовой диагностики.

Ключевые слова: плазменная сепарация ОЯТ, вакуумно-дуговой разряд, источник плазмы, гадолиний.

УДК 621.039.58

*Р. Т. Исламов¹, А. А. Деревянкин¹, И. В. Жук¹, М. А. Берберова¹,
С. С. Дядюра², Ю. А. Мардашова², Р. Ш. Кальметьев²*

¹Международный центр по ядерной безопасности

²Московский физико-технический институт (государственный университет)

Оценка риска для атомных электростанций с реакторами типа РБМК и ВВЭР

Проведена сравнительная оценка риска для атомных электростанций с реакторами типа РБМК и ВВЭР. Представлены результаты расчетов показателей риска для паспортов безопасности Курской и Ростовской атомных электростанций, которые в соответствии с Российским законодательством должен иметь каждый опасный объект. Результатом работы является оценка систем показателей риска в натуральных и экономических показателях — диаграммы социального риска (F/N -диаграммы) и диаграммы материального ущерба (F/G -диаграммы) для Курской и Ростовской атомных электростанций.

Ключевые слова: оценка риска, безопасность, атомная электростанция, реактор, РБМК, ВВЭР, паспорт безопасности.

УДК 550.8.053

В. И. Голубев

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Методика отображения и интерпретации результатов полноволновых сейсмических расчётов

Исследуется проблема наглядного представления и интерпретации результатов компьютерного моделирования динамических процессов, инициируемых в гетерогенных геологических средах в процессе сейсмической разведки на нефтегазовых месторождениях. Автором предложена методика построения синтетических сейсмограмм по заданным профилям на основе расчётных данных как в 2D-, так и в 3D-случаях. Она реализована в виде компьютерной программы «Seismograph», производящей полуавтоматическое построение наглядных графиков и их сохранение в виде графических файлов для дальнейшего анализа. В работе приведены примеры практически значимых геофизических результатов, полученных с использованием «Seismograph» на этапе интерпретации. Описан формат хранения данных численных расчётов, эффективный как на этапе сохранения, так и на этапе пост-процессинга. Отдельно рассмотрены эффективные алгоритмы сохранения данных на диск в случае однопроцессорного и многопроцессорного вариантов расчёта.

Ключевые слова: математическое моделирование, сеточно-характеристический численный метод, сейсморазведка, интерпретация экспериментальных данных.

УДК 519.833.2; 519.854.2

*Ю. В. Дорн*Московский физико-технический институт (государственный университет)
Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН

Поиск неэффективных ребер в транспортных сетях

Работа посвящена поиску таких ребер в транспортной сети, малое изменение стоимости проезда по которым приводит к уменьшению издержек для всех пользователей. Разработан алгоритм поиска для модели стабильной динамики.

Ключевые слова: парадокс Браесса, равновесие Нэша в транспортных сетях.

УДК 519.676

А. В. Куликов, Н. О. Малых, А. А. Стежкин

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Двухпозиционный режим цены свинг-опциона в биномиальной модели ценообразования активов

В этой работе мы показали, что при нахождении справедливой цены свинг-опциона с помощью метода деревьев оптимальной стратегией при целом количестве долга по контракту является двухпозиционный режим — в каждый момент времени надо покупать максимально возможный объем базового актива или оставить долг неизменным, если это возможно. Для нецелых значений долга функция выплаты в каждом узле дерева имеет аффинную структуру.

Ключевые слова: свинг-опцион, метод деревьев, двухпозиционное управление.

УДК 519.65

Е. А. Умнов, А. Е. Умнов

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Об одном методе исследования зависимости решения задачи линейного программирования от параметров

Рассматривается схема использования метода гладких штрафных функций для исследования зависимости решений задач линейного программирования от параметров. Приводится сравнительный анализ различных типов штрафных функций и оценка практической эффективности методов решения различных классов оптимизационных задач.

Ключевые слова: задача параметрического программирования, метод гладких штрафных функций, двойственная пара задач линейного программирования, зависимость оптимального решения от параметров.