

*В.Г. Попов*

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

### **Обзор по тематике 4-й Всероссийской конференции молодых ученых «Микро-, нанотехнологии и их применение»**

УДК 538.911

*Л.В. Бондаренко<sup>1</sup>, Д.А. Цуканов<sup>1,2</sup>, Е.А. Борисенко<sup>1</sup>, Д.В. Грузнев<sup>1</sup>, А.В. Матецкий<sup>1</sup>,  
А.В. Зотов<sup>1,2</sup>, А.А. Саранин<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН

<sup>2</sup> Дальневосточный федеральный университет

#### **Электрическая проводимость системы (Au, In)/Si (111)**

С помощью методов дифракции медленных электронов, сканирующей туннельной микроскопии и четырехзондового метода измерения электрической проводимости *in situ* изучена структура (Au, In)/Si(111). Показано, что напыление порядка 0,7--0,8 монослоя индия при комнатной температуре на реконструированную поверхность Si(111) $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$  - (Au, In) приводит к увеличению проводимости образца примерно в 2,5 раза, дальнейшее напыление индия вызывает падение проводимости. При покрытии индия порядка 2,5 монослоя кратковременный отжиг поверхности приводит к формированию новой реконструкции Si(111) $2\sqrt{7} \times \sqrt{3}$  - (Au, In), которая ранее не наблюдалась. Исследована проводимость пленок золота на различных реконструкциях индия на поверхности Si(111), показана зависимость изменений проводимости от механизма роста пленки золота.

**Ключевые слова:** измерения электрического транспорта, сканирующая туннельная микроскопия, кремний, золото, индий, металлические пленки.

УДК 537.622.7

*А.И. Дмитриев<sup>1</sup>, А.Д. Таланцев<sup>1</sup>, С.В. Зайцев<sup>2</sup>, Р.Б. Моргунов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Институт проблем химической физики РАН

<sup>2</sup> Институт физики твёрдого тела РАН

#### **Блоховский и перколяционный типы магнитного упорядочения в гетероструктурах InGaAs/GaAs/ $\delta$ - < Mn >**

Обнаружено влияние ориентации подложек GaAs на магнитные свойства, спиновую динамику и фотолюминесценцию гетероструктур с квантовой ямой InGaAs/GaAs и  $\delta$  -  $\text{Mn}$ -слоем. Для сингулярных и вицинальных гетероструктур InGaAs/GaAs/ $\delta$ - < Mn > получены качественно различные температурные зависимости намагниченности, спектры электронного спинового резонанса и температурные зависимости поляризации фотолюминесценции квантовой ямы.

**Ключевые слова:** гетероструктура, магнитный полупроводник, квантовая яма, спиновая поляризация.

УДК 548.73

*В.Г. Кон<sup>1</sup>, М.А. Орлов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

<sup>2</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

### **Корректировка изображения в методе фазового контраста Цернике для жесткого рентгеновского излучения**

Проведено численное моделирование эксперимента по визуализации прозрачных (фазовых) микрообъектов с использованием метода фазового контраста Цернике в жестком рентгеновском излучении. В расчетах использованы параметры пучков, характерные для источников синхротронного излучения третьего поколения. В качестве фокусирующего элемента рассмотрена преломляющая параболическая линза. Фазосдвигающая четвертьволновая пластинка расположена в области изображения точечного источника. Показано, что изображение объектов может быть скорректировано путем деления регистрируемого детектором профиля интенсивности на профиль интенсивности, формируемый сразу за линзой из-за поглощения.

**Ключевые слова:** численное моделирование, жесткое рентгеновское излучение, фазовый контраст Цернике, преломляющая параболическая линза, фазосдвигающая четвертьволновая пластинка, корректировка изображения.

УДК 538.9:530.18

*А.А. Конаков, В.А. Беляков, В.А. Бурдов*

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

(Национальный исследовательский университет)

### **Оптическая щель кремниевых нанокристаллов, легированных фосфором**

Рассчитываются электронные и дырочные спектры, а также величина оптической щели кремниевых нанокристаллов, легированных фосфором, сформированных в матрице аморфного диоксида кремния. Рассматривается случай сильного однородного легирования нанокристаллов. Показано, что взаимодействие с короткодействующей составляющей поля примеси приводит к расщеплению уровня основного состояния в зоне проводимости на синглет, триплет и дублет, подобно тому, как это происходит в объемном кремнии. В валентной зоне взаимодействие с примесью приводит только к общему сдвигу уровней. При этом величина оптической щели уменьшается с ростом концентрации примеси.

**Ключевые слова:** нанокристалл кремния, легирование, фосфор, короткодействующий потенциал, оптическая щель.

УДК 538.915

*Т.В. Криштон, К.Э. Нагаев*

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН

### **Квантовая проводимость двумерного баллистического контакта**

Вычисляется проводимость двумерного баллистического контакта в квантовом пределе, когда размер контакта существенно меньше фермиевской длины волны электрона.

**Ключевые слова:** квантовый контакт, микроконтакт, баллистическая проводимость.

УДК 535-1

*П.А. Ларионов, С.А. Рябчун, М.И. Финкель, Г.Н. Гольцман*  
Московский педагогический государственный университет

### **Вывешенный сверхпроводящий детектор терагерцового диапазона**

Рассматриваются технологические особенности создания чувствительного вывешенного детектора терагерцового диапазона на основе плёнки MoRe. Предлагается возможный маршрут создания такого детектора и поясняется выбор материалов, используемых для создания детектора.

**Ключевые слова:** вывешенный болометр, терагерцовый диапазон, сверхпроводящие пленки.

УДК 535.8

*В.В. Медведев<sup>1,2</sup>, В.М. Кривцун<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup> Институт спектроскопии РАН

### **Спектральный фильтр для установок проекционной нано-литографии нового поколения**

Исследована возможность применения свободновисящих металлических сеточных фильтров для подавления рассеянного инфракрасного излучения в источниках EUV-излучения на основе лазерной плазмы. Методами численного моделирования были исследованы оптические характеристики фильтров.

**Ключевые слова:** проекционная литография, EUV-литография, CO<sub>2</sub> лазер, инфракрасное излучение, EUV-излучение, металлические сеточные фильтры, FDTD, методматрицы рассеяния.

УДК 538.9

*И.В. Пентин<sup>1</sup>, К.В. Смирнов<sup>1,2</sup>, Ю.Б. Вахтомин<sup>1,2</sup>, А.В. Смирнов<sup>1</sup>, Р.В. Ожегов<sup>2</sup>,  
А.В. Дивочий<sup>1</sup>, Г.Н. Гольцман<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Московский педагогический государственный университет

<sup>2</sup> ЗАО «Сверхпроводниковые нанотехнологии»

### **Быстродействующий терагерцевый приемник и инфракрасный счетчик одиночных фотонов на эффекте разогрева электронов в сверхпроводниковых тонкопленочных наноструктурах**

Представлены результаты создания приемных систем терагерцового диапазона (0,3--70 ТГц), обладающих рекордным быстродействием (50 пс) и высокой чувствительностью (до  $5 \times 10^{-14}$  Вт/Гц<sup>1/2</sup>), а также однофотонных приемных систем ближнего инфракрасного диапазона с квантовой эффективностью 25 %, уровнем темного счета 10 с<sup>-1</sup>, максимальной скоростью счета ~ 100 МГц и временным разрешением до 50 пс.

**Ключевые слова:** электронный разогрев, тонкие пленки, сверхпроводимость, болометр, детектор терагерцового диапазона, счетчик одиночных фотонов ИК-диапазона.

УДК 621.382.032.27, 621.3.049.774

*А.О. Пучкова<sup>1</sup>, П.А. Соколов<sup>1</sup>, К.Г. Лопатько<sup>2</sup>, Н.А. Касьяненко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>2</sup> Национальный университет биоресурсов и природопользования

### **Фиксация ДНК на поверхности кремния для создания матрицы при формировании нанопроволок**

В работе предлагается простой и эффективный метод создания ДНК-шаблонных нанопроволок на поверхности кремния. Метод основан на электрохимическом восстановлении ионов Ag<sup>+</sup>, связанных с молекулами ДНК на подложке. Важным отличием его от существующих в настоящий момент способов является отсутствие химических восстановителей, а подложка кремния используется в качестве донора электронов, необходимых для образования кластеров серебра. В результате получают протяженные нанопроволоки, состоящие из кластеров серебра диаметром 30 нм.

**Ключевые слова:** фиксация ДНК, нанопроволоки, восстановление серебра, ДНК-шаблоны, наноэлектроника, нанобиотехнологии, кремний, металлизация ДНК.

УДК 538.9

*И.Н. Флоря, Ю.П. Корнеева, А.А. Корнеев, Г.Н. Гольцман*

Московский педагогический государственный университет

### **Сверхпроводниковый однофотонный детектор для среднего инфракрасного диапазона на основе узких параллельных полосок**

Мы рассматриваем ультрабыстрый сверхпроводниковый однофотонный детектор (SSPD). SSPD представляет собой тонкопленочную наноструктуру — очень узкую и длинную полоску сверхпроводника, изогнутую в виде меандра, изготовленную из пленки NbN толщиной 4 нм, нанесенной на сапфировую подложку. SSPD хорошо сопрягается с оптоволоконном и легко может быть интегрирован в полностью готовую для работы приемную систему. В стремлении продвинуться в средний ИК-диапазон нам удалось разработать SSPD в виде параллельно соединенных полосок с шириной полоски всего 50 нм и сохранить при этом сверхпроводящие свойства. Эти детекторы показывают более чем на порядок большую чувствительность на длине волны 3,5 мкм, чем SSPD в виде меандра. Полученные результаты открывают путь к эффективным детекторам среднего ИК-диапазона, обладающим скоростью счета свыше 1 ГГц.

**Ключевые слова:** сверхпроводниковый однофотонный детектор, средний ИК-диапазон, тонкопленочные наноструктуры.

УДК 533.9, 52.-726, 52-78, 523.62-726, 524.3-78

*М.С. Долгоносов<sup>1,2</sup>, И.В. Кузичев<sup>1</sup>, Л.М. Зеленый<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Институт космических исследований РАН

<sup>2</sup> Московский физико-технический институт (государственный университет)

### **Эволюция электростатической волны, распространяющейся перпендикулярно однородному магнитному полю в плазме**

В данной работе численно изучено затухание Ландау ленгмюровских колебаний плазмы, распространяющихся перпендикулярно постоянному магнитному полю. В качестве численной схемы была выбрана схема расщепления. Показано, что эволюция волны носит бифуркационный характер, то есть при изменении значения некоторого управляющего параметра затухание волны прекращается (либо волна начинает затухать). В частности, если в отсутствие магнитного поля в режиме Ландау волна затухала, то по мере увеличения магнитного поля затухание волны предотвращается доминирующим воздействием магнитного поля. В режиме О'Нейла влияние магнитного поля приводит к совершенно иному эффекту. Слабое магнитное поле уменьшает амплитуду осцилляций огибающей электрической энергии. Затем, при переходе через пороговое значение амплитуды магнитного поля, первоначально не затухающая волна затухает на временах порядка гиропериода. Дальнейший рост амплитуды магнитного поля опять останавливает затухание волны и приводит к генерации бернштейновских мод.

**Ключевые слова:** ленгмюровские колебания, затухание Ландау, магнитоактивная плазма, моды Бернштейна, моделирование уравнения Власова, нелинейное взаимодействие волны и частиц, парадокс Бернштейна–Ландау.

УДК 621.372.831.1

*А.А. Иванов*

Российский университет дружбы народов

ЗАО «Когнитивные технологии»

### **Излучение из торца планарного диэлектрического волновода**

Рассматривается задача об излучении из торца волновода. Задача решена в строгой электродинамической постановке. Рассчитаны в нескольких порядках численных приближений диаграммы направленности, энергии излученного из торца поля и потери на отраженную направляемую волну. Приведено сравнение двух способов решения такой задачи.

**Ключевые слова:** диэлектрический волновод, излучение из торца, строгая постановка задачи, диаграммы излучения.

УДК 519.683.8

*С.М. Владимиров*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

### **Новый способ сокращения времени моделирования итеративного декодирования**

Рассматривается задача уменьшения времени моделирования итеративного алгоритма исправления ошибок в кодовых словах кодов с малой плотностью проверок на чётность. Предлагается метод, основанный на частичной генерации байт-кода декодера с использованием информации из проверочной матрицы кода. В качестве среды исполнения

программы моделирования используется Oracle Java Virtual Machine, для частичной генерации байт-кода декодера — Javassist.

**Ключевые слова:** моделирование, уменьшение времени выполнения, java, байт-код, генерация байт-кода, МППЧ-коды.

УДК 338.001.36

*О.Г. Голиченко<sup>1,2</sup>, А.А. Малкова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Центральный экономико-математический институт РАН

<sup>2</sup> Московский физико-технический институт (государственный университет)

### **Анализ человеческих ресурсов в исследованиях и разработках в России и мировых регионах**

Данное исследование направлено на анализ моделей человеческих ресурсов, занятых в исследованиях и разработках. Специально рассматриваются человеческие ресурсы, занятые в исследованиях и разработках (ИиР) институциональных секторов, а также уровень финансирования персонала и его структура на российском и мировом уровне. Сопоставление взаимодействия между институциональными секторами в России и в мировых регионах позволяет выявить достоинства и недостатки российской системы производства новых знаний.

**Ключевые слова:** человеческие ресурсы в исследованиях и разработках (ИиР), структура персонала, финансовая обеспеченность персонала, обеспеченность труда исследователя другим персоналом, мировое сопоставление систем производства новых знаний.

УДК 004.93'12

*А.А. Домунян*

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

### **Кортексный сканер**

В статье рассматривается задача создания кортексного сканера, являющегося универсальным аппаратным средством выделения признаков на этапе предварительной обработки изображений для последующего использования признаков при распознавании изображений. Работа кортексного сканера моделирует процессы обработки информации, происходящие в первичной зрительной области коры головного мозга. Рассмотрены также аппаратные аспекты создания такого устройства, основанного на программируемых логических интегральных схемах, получающих информацию от микрокамер.

**Ключевые слова:** искусственный нейронный кортекс, кортикальный сканер, распознавание образов, искусственный интеллект.

УДК 336.7

*Ф.А. Дружинин<sup>1,2</sup>, В.В. Токарев<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup> ООО «Атлант-Холдинг»

<sup>3</sup> Институт системного анализа РАН

### **Финансовая реализуемость инновационных проектов в игровой постановке**

Рассматривается проблема совместного решения вопросов инженерного проектирования инноваций и финансовой реализуемости проектов. Построена игровая модель взаимодействия участников инновационного проекта и проанализированы ее особенности,

проистекающие из-за наличия специфических ограничений на управление, связывающих участников друг с другом.

**Ключевые слова:** соинвесторы, кредиторы, финансовые потоки, чистый дисконтированный доход, индекс доходности, игра с противоположными интересами, связывающие ограничения, равновесие по Нэшу, кооперативное решение.

УДК 336.761.6

*В.Е. Зямалов<sup>1,2</sup>, С.С. Студников<sup>3,2</sup>*

<sup>1</sup> Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup> Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ

<sup>3</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

### **Формирование инвестиционного портфеля частного инвестора на основе теории сожалений**

Теория ожидаемой полезности является инструментом, повсеместно используемым для описания поведения экономических агентов в ситуации неопределённости. Однако существуют свидетельства того, что эта теория не вполне корректно описывает поведение реальных экономических агентов. В данной статье строится модель, которая описывает формирование инвестиционного портфеля инвестора с учётом подобной некорректности.

**Ключевые слова:** инвестиции, неопределённость, нерациональность, теория ожидаемой полезности, теория сожалений.

УДК 51-74

*О.С. Пигарева*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

### **Новый подход к управлению взаимодействием коммерческих структур с вузом: концепция, принципы, модели, пилотная апробация**

В сложившейся ситуации российские вузы сталкиваются с немалым количеством различных проблем. Автором статьи предлагается новый подход к оценке и управлению взаимодействием инновационного вуза с аффилированными бизнес-структурами. Описаны инструменты оценки взаимодействия, включая коэффициент оценки степени вовлеченности стейкхолдеров в развитие вуза, рейтинг участников бизнес-ориентированного инновационного ядра вуза, состоящий из субрейтингов образовательной деятельности, научно-инновационной деятельности и финансовой устойчивости. Все наработки в целом представляют собой систему поддержки принятия решения для руководства вуза. Данный подход опробован в МФТИ (ГУ).

**Ключевые слова:** стейкхолдер, заинтересованные стороны, рейтинг, управление, вуз, коммерческие структуры, взаимодействие, интересы.

УДК 519.876

*Д.И. Пономарев<sup>1,2</sup>, Б.Г. Кухаренко<sup>3,1</sup>*

<sup>1</sup> Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup> ООО «НетКрэкер»

<sup>3</sup> Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

### **Использование алгоритма ожидания и максимизации правдоподобия в марковской модели непрерывного профиля для синхронизации сигналов манипулятора**

Рассматривается задача синхронизации управляющих сигналов манипулятора, чувствительными элементами которого являются прецизионные акселерометры. Данные записываются с двух независимых датчиков ускорения, установленных в устройстве. Из-за неточной калибровки акселерометров, шумов электрической схемы манипулятора, а также из-за асинхронности тактовых сигналов записи датчиков имеют различия. Для выравнивания сигналов используется марковская модель непрерывного профиля, параметры которой оцениваются при помощи алгоритма ожидания и максимизации правдоподобия. В работе получены результаты синхронизации двух управляющих сигналов манипулятора.

**Ключевые слова:** дистанционный манипулятор, акселерометр, управляющий сигнал, алгоритм ожидания и максимизации правдоподобия, марковская модель непрерывного профиля, алгоритм Витерби, алгоритм прямой и обратной рекурсии.

УДК 004.942

*К.Е. Смирнов<sup>1</sup>, В.Г. Напреенко<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Центр информационных технологий и систем органов исполнительной власти

<sup>2</sup> ООО «Центр стратегических инноваций»

**Разработка и исследование возможности использования сетевых программных средств на основе аппарата недоопределенных вычислений для моделирования экономических процессов на примере страховой деятельности**

Изложены результаты работы по созданию программного обеспечения, расширяющего возможности экономико-математического моделирования. Особенностью разработки является моделирование в многопользовательском режиме с применением аппарата недоопределенных вычислений. Исследования проводились на примере страховой деятельности.

**Ключевые слова:** недоопределенные вычисления, web-технологии, экономико-математическое моделирование, страховая деятельность.

УДК 004.942

*И.Е. Смирнов*

Центр информационных технологий и систем органов исполнительной власти

**Интерактивное картографическое моделирование с использованием интервальных данных на основе программирования в ограничениях**

Рассматривается применение метода недоопределенных моделей в геоинформационных системах. Благодаря его использованию открывается возможность представлять более широкий класс данных на карте и использовать их в вычислениях с интерактивным отображением результатов.

**Ключевые слова:** геоинформационные системы, метод недоопределенных моделей, визуализация.

УДК 657.1

*И.Г. Ушанов*

Самарский государственный университет путей сообщения  
ООО «Тольяттинский трансформатор»

### **Стратегический управленческий учет прибыльности клиентов на основе САР-анализа**

Рассматривается возможность применения элементов САР-анализа в стратегическом управленческом учете прибыльности клиентов организации, в частности проблемы распределения затрат на клиентов в зависимости от уровня их группировки, последовательность проведения САР-анализа в рамках стратегического управленческого учета, основные стратегические инициативы организации в отношении ключевых клиентских групп, а также такие показатели, как ценность клиента (*LTV*) и прибыльность клиента (*LTP*).

**Ключевые слова:** стратегический управленческий учет, САР-анализ, клиент, релевантные затраты, ценность клиента, прибыльность клиента.

УДК 519.81

*В.С. Филимонов, О.И. Дранко*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

### **Исследование модели стоимости бизнеса: мера приближения к совершенной конкуренции**

В работе рассматривается создание количественного подхода оценки степени конкуренции на рынке и ее приближение к совершенной конкуренции. Метод основан на модели дисконтированных денежных потоков и предполагает использование таких измеримых показателей, как стоимость, средневзвешенные затраты на капитал, рентабельность инвестированного капитала. Основываясь на полученных результатах, можно считать, что реальная ситуация на мировом рынке далека от совершенной конкуренции.

**Ключевые слова:** дисконтированный денежный поток, совершенная конкуренция, продленная стоимость, надбавка за риск, кредитный рейтинг.

УДК 532.546.2

*В.И. Голубев<sup>1</sup>, Д.Н. Михайлов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup> Московский научный центр «Шлюмберже»

### **Моделирование динамики фильтрации двухчастичной суспензии через пористую среду**

Рассматривается задача фильтрации двухчастичной суспензии через пористую среду. Предлагается модель, основанная на законах сохранения массы для частиц и для жидкости, а также локальных законах захвата частиц, описываемых кинетическими уравнениями. В отличие от известной модели для однотипных частиц данная модель позволяет учесть различия в физических свойствах частиц (например в их размере). Проведённое численное моделирование показывает, что новая модель воспроизводит экспериментальные данные, которые ранее не удалось воспроизвести в рамках традиционной одночастичной модели.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, фильтрация, суспензия, пористая среда, захват частиц, уменьшение проницаемости.

*С.А. Мирер<sup>1,2</sup>, И.В. Прилепский<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН

<sup>2</sup> Московский физико-технический институт (государственный университет)

### **Оптимальные параметры спутника с модельным демпфированием**

Рассматривается задача об оптимальном гашении угловой скорости твердого тела. Механизм демпфирования, названный модельным, предполагает, что на теле вдоль трех фиксированных осей установлены устройства, вырабатывающие моменты, пропорциональные величинам проекций угловой скорости тела на эти оси. Целью исследования является определение параметров системы, при которых скорость демпфирования максимальна. Оптимизация проводится аналитически по коэффициентам демпфирования и ориентации осей моментных устройств в теле. Строго доказано, что максимальная эффективность демпфирования достигается при расположении моментных устройств вдоль главных осей инерции тела. Кроме того, в статье доказан ряд экстремальных свойств тензора инерции произвольного твердого тела.

**Ключевые слова:** модельное демпфирование, степень устойчивости, тензор инерции.