

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

**ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ И НАУЧНО-  
ОРГАНИЗАЦИОННОЙ РАБОТЕ ЗА 2010 ГОД**

**Директор ИФТТ РАН  
Член-корреспондент РАН**

**Кведер В.В.**

**Ученый секретарь ИФТТ РАН  
к.ф.-м.н.**

**Абросимова Г.Е.**

Содержание	стр.	№
Характеристика научной деятельности ИФТТ РАН в 2010 году	3	
Основные достижения ИФТТ РАН в 2010 году	5	
Научные результаты, полученные в ИФТТ РАН в 2010 году:	9	
Физика конденсированных сред и физическое материаловедение	9	1-9
Электронные, магнитные, электромагнитные, оптические и механические свойства кристаллических и аморфных материалов и нано- и мезо-структур на их основе	16	10-16
Спектроскопия твердых тел и твердотельных структур	21	17-22
Структура конденсированных сред, физика дефектов, рост кристаллов	28	23-34
Транспортные явления в кристаллических и аморфных материалах и структурах	37	35-36
Фазовые равновесия, фазовые переходы	38	37-42
Низкоразмерные структуры, нано- и мезоскопические структуры и стистемы, атомные и молекулярные кластеры	42	43-53
Новые материалы и структуры	50	54-60
Квантовые макросистемы и квантовые методы телекоммуникации	55	61-67
Новые экспериментальные методы изучения и диагностики твердых тел и тведотельных нано- и мезо-структур	61	68
Новые технологии твердотельных материалов и структур	62	69-75
Научные и научно-технологические разработки, финансируемые за счет внебюджетных источников	66	76-86
Основные результаты и разработки, готовые к практическому применению	75	
Характеристика научно-организационной деятельности ИФТТ РАН в 2010 году	76	
Научно-образовательная деятельность	78	
Патентно-инновационная деятельность	80	
Характеристика международных связей ИФТТ РАН	94	
Доходы и расходы на 1 декабря 2010 г.	108	
Сотрудники института на 1 декабря 2010 г.	108	

## **Характеристика научной деятельности ИФТТ РАН в 2010 году**

В течение 2010 года Учреждение Российской академии наук Институт физики твердого тела РАН проводил научные исследования по следующим, ранее утвержденным и отраженным в плане работ на 2010 г., основным направлениям (темам):

1. Физика конденсированных сред и физическое материаловедение
2. Электронные, магнитные, электромагнитные, оптические и механические свойства кристаллических и аморфных материалов и нано- и мезо-структур на их основе
3. Спектроскопия твердых тел и твердотельных структур
4. Структура конденсированных сред, физика дефектов, рост кристаллов
5. Транспортные явления в кристаллических и аморфных материалах и структурах
6. Фазовые равновесия, фазовые переходы
7. Низкоразмерные структуры, нано- и мезоскопические структуры и системы, атомные и молекулярные кластеры
8. Новые материалы и структуры
9. Квантовые макросистемы и квантовые методы телекоммуникации
10. Новые экспериментальные методы изучения и диагностики твердых тел и твердотельных нано- и мезо-структур
11. Новые технологии твердотельных материалов и структур

Научно-исследовательские работы ИФТТ РАН финансировались в основном из госбюджета РАН, а также из различных Государственных программ и Фондов.

- Программы Мин.обр.науки – 13 контрактов;
- Программы РАН – 12 программ;
- Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ) и региональные РФФИ – 81 проектов;

- Программа поддержки "Ведущих научных школ" - 2 проекта;
- РФФИ – Израиль – 1 проект;
- РФФИ - Индия – 2 проекта;
- РФФИ – Беларусь – 1 проект;
- РФФИ – ННИО – 2 проекта;
- РФФИ – НАНУ – 4 проекта;
- РФФИ – ИЦНИ (PICS) – 1 проект;
- РФФИ – Франция – 1 проект;
- РФФИ – Англия – 1 проект;
- контракты и договоры на выполнение НИР - 46 проекта.

По результатам исследований научными сотрудниками Института в 2010 году на заседаниях Ученого совета было сделано около 50 докладов по статьям, направляемым в печать. Всего в 2010 году сотрудники института опубликовали 233 статьи в реферируемых журналах (95 в Российских и 138 в иностранных) и сделали 307 докладов на конференциях (в том числе около 200 на международных).

Продолжил работу Распределенный центр коллективного пользования (РЦКП), обеспечивающий доступ как сотрудников ИФТТ РАН, так и другие институты РАН, к имеющемуся в ИФТТ уникальному оборудованию для проведения исследований.

В 2010 году дирекция Института провела 38 заседаний, на которых было рассмотрено около 120 вопросов.

**Важнейшие научные результаты, полученные в ИФТТ РАН  
в 2010 году**

№№	Наименование направления фундаментальных исследований (по Программе РАН на 08-12 гг)	Результаты
1	2	3
	<p>6. Актуальные направления физики конденсированных сред</p>	<p>1. Впервые экспериментально исследованы магнитотранспортные свойства нового органического проводника <math>k\text{-(BETS)}_2\text{Mn[N(CN)}_2\text{]}_3</math> под гидростатическим давлением до 3 кбар. При атмосферном давлении эти кристаллы испытывают переход металл-диэлектрик при <math>T=24</math> К. Обнаружено, что при увеличении давления <math>P</math>, температура перехода металл-диэлектрик понижается, а при <math>P &gt; 0.5</math> кбар образец становится сверхпроводящим с <math>T_c = 5.8</math> К. При дальнейшем увеличении давления <math>T_c</math> понижается. По измерениям температурных зависимостей амплитуды осцилляций Шубникова-де Газа определена циклотронная масса носителей тока, которая при <math>P= 1</math> кбар составляет <math>0.85 m_0</math> и слабо зависит от давления в исследованном диапазоне Проф. В.Н.Зверев</p> <p>2. Обнаружены экспериментально и объяснены теоретически знакопеременные магнето-осцилляции фото-гальванических сигналов, возникающие в структурах на основе высокосовершенных двумерных электронных систем под влиянием микроволнового излучения. Положение осцилляций соответствует положению гармоник циклотронного резонанса и определяется соотношением <math>\omega/\omega_c=n</math>, где <math>n</math> – целое число. Таким образом, наблюдаемые осцилляции фото-гальванических коэффициентов дают возможность селективного детектирования микроволнового излучения. Д.Ф.-м.н. С.И.Дорожкин</p> <p>3. Исследованы два типа электронных структур, содержащих гальванически изолированные квантовые контакты. Обнаружен эффект увлечения электронов в</p>

		<p>одном из контактов током, пропущенным через другой контакт. Показано, что в магнитном поле направление тока увлечения контролируется не только током в возбуждающем контакте, но и направлением магнитного поля. Дано объяснение обнаруженному эффекту в терминах электрон-фононного увлечения при наличии скачущих электронных орбит на границах двумерного электронного газа. Проф. В.Т.Долгополов</p> <p>4. Экспериментально исследованы температурные зависимости удельного сопротивления <math>\rho(T)</math> и верхнего критического магнитного поля <math>H_{c2}(T)</math> в импульсных магнитных полях до 60 Т, в сверхпроводящих монокристаллах <math>Ba_{0,5}K_{0,5}Fe_2As_2</math> и <math>Ba_{0,68}K_{0,32}Fe_2As_2</math> «железных сверхпроводников» Показано, что основной вклад в зависимость <math>\rho(T)</math> в области выше сверхпроводящего перехода дают процессы термически активированного переброса легких (<math>m=1.3m_0</math>) электронов из трубок в точках М зоны Бриллюэна, в дырочные трубки в точке Г с тяжелой массой (<math>m=9m_0</math>).</p> <p>Анализ измеренных зависимостей <math>H_{c2}(T)</math> показывает, что обычная Werthamer–Helfand–Nohenberg орбитальная модель <math>H_{c2}(T)</math> неприменима и дает аномально завышенные значения <math>H_{c2}^*(0) = 121</math> Т и <math>H_{c2}^{*ab}(0) = 265</math> Т. Зависимости <math>H_{c2}(T)</math> могут быть хорошо описаны с учетом спинового парамагнетизма Pauli, который компенсирует диамагнитный вклад орбитального эффекта. Для <math>Ba_{0,68}K_{0,32}Fe_2As_2</math> найдено значение критического магнитного поля Pauli <math>H_p = 97.5</math> Т. Д.ф.-м.н. В.А.Гаспаров</p>
	7. Физическое материаловедение	<p>1. Нанокристаллические сплавы на основе железа <math>Fe_{73,5}Si_{13,5}V_9Nb_3Cu_1</math>, полученные путем контролируемой кристаллизации аморфной фазы при нагреве, обладают великолепным комплексом гистерезисных свойств: их начальная проницаемость и коэрцитивная сила могут составлять 100 000 и 0,5 А/м, соответственно. Свойства могли бы быть еще выше, если бы удалось получить нанокристаллическую структуру в сплаве без меди и ниобия, вводимых для обеспечения формирования наноструктуры. В ИФТТ РАН были получены нанокристаллические сплавы без меди и ниобия за счет применения метода интенсивной пластической деформации</p>

		<p>аморфной фазы. Обнаружено, что образование наведенной деформацией наноструктуры приводит к увеличению намагниченности насыщения без увеличения коэрцитивной силы. Доля нанокристаллической фазы может быть увеличена последующей термообработкой, что позволяет рассчитывать на дополнительное улучшение магнитных свойств. Проф. А.С.Аронин</p> <p>2. Реализована идея сохранения периодической структуры опаловой матрицы при термообработках путем введения в поры опала стабилизирующей фазы, не реагирующей с диоксидом кремния в условиях отжига, и получен массивный фотонный кристалл в форме монолитного прозрачного диоксида кремния с упорядоченным распределением оксида циркония, который образует трехмерную периодическую решетку нанокластеров по всему объему образца. Спектр пропускания композита демонстрирует минимум пропускания при 568 nm, свидетельствующий о наличии фотонной запрещенной зоны. Синтезированный фотонный кристалл является прозрачным в видимой области спектра и может быть использован в качестве однородного оптического элемента в различных оптических устройствах. В частности, такой кристалл представляет интерес как альтернатива известному notch – фильтру, а также как селективный фильтр, отражающий возбуждающее излучение и пропускающий как стоксов, так и антистоксов сигнал при регистрации спектров комбинационного рассеяния. Проф. Г.А.Емельченко</p>
8. Актуальные проблемы оптики и лазерной физики		<p>Вблизи фактора заполнения <math>9/2</math> обнаружены несколько геометрических резонансов соизмеримости между периодом волны зарядовой плотности полосатой фазы сильно взаимодействующих двумерных электронов и длиной волны поверхностных акустических волн. Из обнаруженных резонансов удалось измерить период модуляции электронной плотности и его зависимость от магнитного поля. Исследована дисперсия коллективных возбуждений в полосатой электронной фазе и показано, что</p>

		<p>она является сильно анизотропной, причем обнаруженная анизотропия дисперсии возбуждений наблюдается лишь вблизи фактора заполнения <math>9/2</math> и исчезает при повышении температуры до <math>150</math> мК. Показано, что спонтанное расслоение однородной электронной системы на неоднородные, периодические структуры является фундаментальным свойством систем, в которых в потенциале взаимодействия на разных длинах имеется конкуренция притяжения и отталкивания. Потенциал кулоновского взаимодействия электронов на высоких уровнях Ландау имеет осциллирующий характер, что связано с экранированием этого взаимодействия из-за поляризации электронов полностью заполненных уровней Ландау, волновые функции которых являются сильно осциллирующими в пространстве. Именно эта особенность электрон - электронного взаимодействия приводит к возникновению зарядовой текстуры (волн зарядовой плотности) при факторах заполнения <math>9/2</math>, <math>11/2</math>, <math>13/2</math> и т.д.</p> <p>Чл.-корр. РАН И.В.Кукушкин</p>
	<p>10. Современные проблемы радиофизики и акустики (изучение нелинейных волновых явлений)</p>	<p>Экспериментально изучено затухание турбулентного каскада в системе капиллярных волн на поверхности жидкого водорода и сверхтекучего гелия при возбуждении поверхности на низких частотах монохроматической или широкополосной шумовой накачкой. На частотах выше высокочастотного края инерционного интервала турбулентные каскады убывают по закону, близкому к экспоненциальному. Причем каскад затухает значительно быстрее для случая монохроматической накачки. Полученные особенности обусловлены формированием в диссипативной области в системе капиллярных волн распределения близкого к квази-Планковскому в результате взаимодействия волн из диссипативной области с волнами из области накачки для случая монохроматического возбуждения или с волнами вблизи высокочастотного края инерционного интервала при возбуждении поверхности шумовой силой.</p> <p>Д.ф.-м.н. А.А.Левченко</p>

**Кроме перечисленных выше были получены следующие результаты:**

### **Физика конденсированных сред и физическое материаловедение**

1. Исследования посвящены изучению магнитной динамики – актуальной области физики конденсированного состояния, результаты которой важны для спинтроники. С помощью измерения сопротивления микроконтакта нанометрового размера между ферромагнетиком и немагнитным металлом проведены исследования зависимости от величины и направления электрического тока  $I$  и магнитного поля  $H$  обнаруженных ранее низкочастотных ( $\sim 1000$  Гц) резонансных осцилляций сопротивления микроконтакта с целью установления фазовой диаграммы колебаний на  $I/H$ -плоскости. Осцилляции наблюдаются только в двух квадрантах на  $I/H$ -плоскости в некотором интервале  $I$  и  $H$ . Осцилляции сохраняются при одновременной инверсии  $I$  и  $H$ . Как возбуждение, так и подавление осцилляций происходит пороговым по току образом. Экспериментальные данные согласуются с предположением о гиромагнитной природе осцилляций.

РАН, Программа ОФН РАН «Физика новых материалов и структур».

Руководитель – проф. д.ф.-м.н. В.С. Цой.

2. Продолжено исследование структуры и механических свойств (твердость) многослойного композита Cu-Ag (64000 слоев), полученного методом трехкратного осуществления технологического цикла вакуумная горячая прокатка – холодная прокатка на воздухе. Показано, что в процессе горячей вакуумной прокатки в третьем цикле может происходить уменьшение числа слоев за счет взаимного растворения меди и серебра. Это оказывает влияние на величину константы  $K$  в зависимости Холла-Петча и на общий уровень твердости.

Исследовано влияние температуры и длительности выдержки при отжиге многослойного прекурсора (Cu-Sn)-Nb на структуру и сверхпроводящие свойства получаемого многослойного сверхпроводника Cu-Nb<sub>3</sub>Sn. Получены образцы сверхпроводника с критической плотностью тока до  $8 \cdot 10^4$  А/см<sup>2</sup> во внешнем поле 7 Тл.

РАН,

Руководитель – член-корр. РАН Карпов М.И

3. Исследованы процессы получения Mo и W высокой чистоты, включающие очистку солей аммония Mo(W) от примесей в нейтральных и слабощелочных средах, ионный обмен, зонную плавку и СВВ отжиг при предплавильных температурах. Чистоту кристаллов контролировали с помощью искровой масс-спектрометрии, атомной абсорбции и активации быстрыми нейтронами, а также с помощью оже-электронной спектроскопии и измерения отношения сопротивлений при комнатной и гелиевой температурах. Выращены монокристаллы Mo и W с ультранизким содержанием примесей и остаточным электросопротивлением на уровне: для Mo  $R_{300K}/R_{4.2K} > 50000$  и для W  $R_{300K}/R_{4.2K} > 70000$ .

Показаны основные преимущества монокристаллических игл W[001] для СТМ: острота, стабильность, предсказуемая атомная структура. С помощью этих игл получена серия отлично атомно-разрешенных изображений при реконструкции достаточно сложной ступенчатой структуры Si(557)5x5 и выявлена ее атомная структура. Пример нестабильности игл W[001] показал, что известная осевая ориентировка иглы и длина прыжков апексных атомов позволяют предсказать атомную структуру реальных монокристаллических игл. На примере СТМ исследований поверхностей Si, GaTe и графита, выполненных с атомным и субатомным разрешением, показана высокая разрешающая способность ориентированных монокристаллических зондов W[001], а также возможность контролируемого выбора

электронных орбиталей иглы, отвечающих за формирование СТМ изображений поверхности в экспериментах. Это представляет исключительно важное значение для корректной интерпретации СТМ данных высочайшего разрешения.

Методом рассеяния медленных ионов  $He^+$  (кэВ) исследованы особенности структуры «совершенных» монокристаллов W(211) высокой чистоты. Кроме пика, отвечающего нормальному двойному столкновению, и низкоэнергетического «хвосту», возникающему вследствие обратного рассеяния от глубоко залегающих слоев, обнаружен еще один пик для неупругих потерь порядка 95 эВ. Такие необычно большие потери имеют постоянную величину в широком диапазоне первичных энергий (1,5-4,5 кэВ). Дополнительная особенность состоит в том, что этот пик наблюдается только для рассеяния при нормальном падении на грань (211) и отсутствует на поликристаллическом W. Энергетические потери могут возникать из-за квазидвойных или квазитройных столкновений частиц He с рядной структурой W(211), включая электронное возбуждение атомов He и W. Это также может быть результатом специального процесса каналирования/деканалирования для налетающих ионов.

РАН,

Руководитель – д.т.н. Глебовский В.Г.

4. Создана и опробована экспериментальная установка со средой аргона для исследования температурной зависимости электросопротивления. Измерение температуры – с помощью оптического пирометра. Образцы – с припаянными графитными контактами. Температуры от 800 до 1400С. Продолжены исследование структуры и свойств покрытий, полученных с помощью электроискрового легирования электродами РЕФСКОТ на сталях, чугунах, сплавах кобальта. Переданы образцы для испытания в различные организации. Получены положительные результаты..

Продолжены исследования возможностей создания оксидных покрытий на нагревателях РЕФСИК-РЕФСИКОТ длительно устойчивых в контакте с расплавами стекол различного состава. Проведены 10 часовые испытания для ряда составов стекол и оксидных покрытий.

РАН,

Руководитель работ – к.т.н. Гнесин Б.А.

5. Исследовано влияние легирующих элементов на формирование локальных областей химического и топологического порядка при получении ленточных образцов нанокристаллизующихся аморфных сплавов систем FeSiBCuNb и CoSiBFeNb закалкой из жидкого состояния. Определена роль локальных структурных неоднородностей, формируемых в образцах аморфных сплавов при их получении, в эволюции структуры сплавов при последующей термической обработке в различных условиях. Показано, что характерный для ленточных образцов исследованных аморфных сплавов хрупкий характер разрушения связан с наличием в этих сплавах локальных областей с сильными связями между образующими их элементами. На примере аморфного прекурсора стандартного сплава типа «файнмет» ( $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_9\text{Cu}_1\text{Nb}_3$ ) продемонстрирована возможность получения пластичных аморфных лент при более высоких скоростях охлаждения расплава, чем соответствующие обычно используемым для формирования ленточных образцов условиям. Структурное состояние лент с повышением скорости охлаждения расплава приближается к состоянию, описываемому моделью беспорядочной плотной упаковки твердых сфер. Ленты толщиной около 13 – 15 мкм допускают изгиб до 180 град. без разрушения (толщина лент, получаемых в обычных условиях их формирования, составляет около 20 – 25 мкм). Выявленная возможность получения аморфных лент нанокристаллизующихся сплавов в пластичном состоянии расширяет возможности формообразования изделий из них и, соответственно, область применения нанокристаллических сплавов (нанокристаллизация

сплавов, как правило, осуществляется при термической обработке изделий из них).

РАН,

Руководитель – д.ф.-м.н. А.В. Серебряков.

6. Впервые установлено, что при прохождении потока рентгеновских квантов через слой нанокристаллических сцинтилляторов количество прошедших квантов возрастает по сравнению с количеством падающих. При этом наблюдается уменьшение средней энергии прошедших квантов и появление бесструктурного фона рентгеновской дифракции, свидетельствующее о некогерентности процесса образования вторичных рентгеновских квантов. Обнаруженное явление объясняется формированием вторичных рентгеновских фотонов тормозного и переходного излучений при столкновениях быстрых фот оэлектронов, образованных при поглощении первичного рентгеновского потока, с границами наночастиц.

РАН. Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред».

Руководитель – к.ф.-м.н. Н.В. Классен

7. Исследовано влияния строения N-алкил и N,N-диалкилкарбамоилметил-фенилфосфиновых кислот на комплексообразование с ионами РЗЭ, Sc, U и Th. Установлена стехиометрия образуемых комплексов. Увеличение числа и длины углеводородных радикалов при атоме азота способствует удерживанию реагентов на полимерной матрице или поверхности углеродных нанотрубок (УНТ). Определены оптимальные условия концентрирования ионов РЗЭ, Sc, U и Th и отделения их от сопутствующих металлов с использованием в качестве сорбента УНТ модифицированных N,N-диокилкарбамоилметилфенилфосфиновой кислотой.

РАН

Руководитель – д.х.н. А.Н. Туранов

8. Основная проблема ВТСП – неоднородность их псевдомонокристаллов. Исследование поля кристаллизации оксидов  $Y_nBa_mCu_{m+n}O_y$  обнаружило его соответствие с полем кристаллизации оксидов ряда  $Ba_mCu_{m+n}O_y$  с кубической структурой  $BaCuO_2$  матричной фазовой диаграммы системы  $BaO - CuO_x$  при  $P(O_2)=21$  кПа в областях 50-90 мол.%  $CuO$  и температуры 910-1000°C. Оксиды “123” формируются по интеркаляционному механизму с участием матриц оксидов бария-меди катионного состава  $(Ba:Cu)$  3:5, 2:3 и 5:7. Последние имеют тетрагональную структуру  $BaCu_2O_2$  и являются продуктами диссоциации данного оксида. Степень диссоциации и состав продуктов зависят от температуры и концентрации оксида меди в расплаве. На фазовой диаграмме установлены области первичного поля кристаллизации оксидов “123” с преимущественной долей каждого из членов гомологического ряда  $Y_nBa_mCu_{m+n}O_y$ . Кристаллы “123” из этих областей имеют доменную структуру. Размер доменов составляет  $\approx 20-50$  Å. Домены когерентно сращены вдоль оси “с”. Таким образом, установлено, что совместное существование в объеме псевдомонокристалла доменов оксидов разного катионного состава является причиной неомогенности кристаллов “123”, которая имеет химическую природу.

РАН

Руководитель – д.х.н. Л.А. Клинкова

Методами химического анализа исследована кислородная нестехиометрия оксидов гомологического ряда  $Ba_mBi_{m+n}O_y$  с различной структурой. В образцах оксидов бария-висмута  $Ba_mBi_{m+n}O_y$ , синтезированных на воздухе в соответствии с ранее построенной диаграммой фазовых соотношений в системе  $BaO-BiO_{1,5+x}$  при  $P(O_2)=21$  кПа, йодометрическим титрованием определена средняя степень окисления висмута  $\overline{Bi}$ , составившая 3.00-3.06. Установлено, что образцы оксидов бария-висмута, синтезированные на воздухе и закаленные в

жидкий азот, более обогащены кислородом в сравнении с образцами, синтезированными в атмосфере аргона ( $\overline{Bi}=3.00-3.01$ ). Для последних полученные значения средней степени окисления висмута не отличаются для фаз, кристаллизующихся в ромбической (катионного состава (Ba:Bi) 6:7 и 4:5 ( $\overline{Bi}=3.01$ ), 3:4, 2:3, 3:5, 1:2, 4:9, 2:5, 3:8 и 4:11 ( $\overline{Bi}=3.00$ )) и кубической (Ba:Bi=1:3,  $\overline{Bi}=3.00$ ) структурах перовскита. Сверхстехиометрический кислород, обнаруженный в синтезированных на воздухе оксидах  $Va_mBi_{m+n}O_y$ , не является пероксидным  $O_2^{2-}$ , что доказывается отсутствием аналитических реакций с Ti(IV) и V(V). Вместе с тем, образцы оксидов окисляют Mn(II) в  $MnO_4^-$  и основание Арнольда, что доказывает обусловленность нестехиометрии оксидов  $Va_mBi_{m+n}O_y$  присутствием сильного окислителя - Bi(V) - в количестве до 3% от общего висмута.

РАН

Руководитель – к.х.н. Н.В. Барковский.

9. Модернизирована конструкция портативных распылителей паров жидкого азота, которые применяются в комплекте с тефлоновыми теплоизолирующими тубусами для проведения криовоздействия на выделенные участки биологической ткани в криохирургии криотерапии. Разработана конструкция портативных криоаппликаторов с металлическим наконечником, охлаждаемым непосредственно в жидком азоте перед проведением криооперации, которые пригодны для проведения комбинированного СВЧ- плюс криовоздействия на подлежащие криодеструкции участки тканей. Проведены тестовые испытания новых приборов в трех модельных средах: вода, желатиновый гель и биологическая ткань *in vitro*. По результатам работы два студента защитили дипломы, три доклада были представлены на российских и международных конференциях. Получены два патента РФ на полезные изобретения.

РАН, Программа Президиума РАН «Фундаментальные науки медицине»  
Руководитель: д.ф.-м.н. Межов-Деглин Л. П.

**Электронные, магнитные, электромагнитные, оптические и механические свойства кристаллических и аморфных материалов и нано- и мезо-структур на их основе**

10. Методами нанолитографии и электрохимии приготовлены субмикронные планарные переходы. Впервые обнаружена сверхпроводимость (вольтамперные характеристики со сверхпроводящими критическими токами) в джозефсоновских переходах Nb-Au/Ni-Nb с планарным двуслойным барьером, включающем ферромагнитный никель. В переходах Al-Cu/Fe-Al наблюдались особенности в плотности электронных состояний, предположительно связанные с поляризацией электронов в меди ферромагнитным железом. Наблюдались нелокальные эффекты в планарных джозефсоновских переходах, связанные с инжекцией неравновесных носителей.

РАН, Программа Президиума РАН «Основы фундаментальных исследований нанотехнологии и наноматериалов»

Руководитель – проф. д.ф.-м.н. В.В. Рязанов

11. Методом декорирования ферромагнитными наночастицами визуализирована и исследована структура магнитного потока в бислоях сверхпроводник – ферромагнетик (Nb/CuNi). В ферромагнитном слое обнаружена лабиринтная доменная структура с периодом ~130 nm, который на 25% больше, чем на отдельной ферромагнитной плёнке CuNi. Также расширился интервал магнитных полей до 450Э, в котором наблюдается доменная структура. Изменение магнитного поведения

объясняется взаимодействием сверхпроводящего и ферромагнитного слоев в бислое.

РАН, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель – д.ф.-м.н. Л.Я. Винников.

12. Исследованы тонкопленочные гетеропереходы  $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_{4-y}/\text{Ag}$ , в которых обнаружен биполярный эффект резистивных переключений. Методом рентгеноструктурного анализа установлено присутствие в тонких пленках второй фазы, которая, наряду с основной фазой  $\text{Nd}_{(2-x)}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ , влияет на поведение интерфейса исследованных гетеропереходов и приводит к изменению типа проводимости. Определена граничная частота переменного напряжения, при которой в гетеропереходах наблюдаются резистивные переключения. Установлен универсальный характер частотной зависимости эффекта резистивных переключений в гетеропереходах на основе ВТСП, легированных манганитов и оксидов висмута. Эти факты свидетельствуют о существенной роли диффузии кислорода в эффектах резистивных переключений в структурах на основе оксидных соединений и, возможно, могут явиться ограничивающим фактором для применения этого эффекта в устройствах памяти, но показывают возможность применять их в качестве мемристоров.

Методом ЯМР и магнитометрическими методами (с использованием СКВИД-магнитометра и измерений магнитного крутящего момента) исследованы изменения магнитных свойств органического сверхпроводника  $\kappa\text{-(BEDT)}_2\text{Mn}[\text{N}(\text{CN})_2]_3$  в области перехода металл-диэлектрик. Обнаружено и исследовано образование антиферромагнитного состояния в диэлектрической фазе.

РАН, Программа ОФН РАН "Физика новых материалов и структур"

Руководитель – к.ф.-м.н. Н.А. Тулина.

13. Исследованы процессы перемагничивания в тонких ферромагнитных (ФМ) гетероструктурах как с перпендикулярной, так и с однонаправленной анизотропией. Экспериментально изучены особенности зарождения и движения доменных границ под действием внешних полей в двухслойных ультратонких ферромагнитных пленках Co, разделенных немагнитной прослойкой Pt переменной толщины. Установлено, что благодаря изменению косвенного обменного взаимодействия между ФМ слоями при изменении толщины слоя Pt, в такой структуре происходит переход от синхронного зарождения и связанного движения доменных границ к их асинхронному зарождению и независимому движению в смежных ФМ слоях. Показано, что в гетероструктурах с клиновидным немагнитным слоем сохраняется пространственная корреляция мест зарождения доменных границ.

Исследованы моды перемагничивания ФМ слоя  $\text{Ni}_{77}\text{Fe}_{14}\text{Mo}_5\text{Cu}_4$ , обменно-связанного с нанесенной на него квадратной тонкопленочной сеткой антиферромагнетика (АФМ)  $\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ . Выявлено влияние краевых эффектов в обменно-связанных нанокompозитных ФМ/АФМ гетероструктурах субмикронных размеров на микромеханизмы их перемагничивания. Экспериментально установлено, что в таких структурах перемагничивание в обменно-смещенной и несмещенной частях ферромагнетика осуществляется при различных значениях магнитных полей, формируя в ФМ слое вблизи краев АФМ сетки топологически стабильные доменные границы, что приводит к изменению как петли гистерезиса таких структур в целом, так и преобразования намагниченности в обменно-смещенной части ФМ слоя. Показано, что искусственно созданные граничные условия решающим образом влияют на кинетику процесса перемагничивания и динамику доменных границ в ФМ пленке. Обнаружены не предсказывавшиеся ранее закономерности движения доменных границ, сформировавшихся вблизи краев АФМ сетки. Установлено, что границы, перпендикулярные к оси однонаправленной анизотропии и АФМ краю, смещаются во внешнем

поле, тогда как границы, параллельные этим оси и краю, остаются неподвижными.

Разработана экспериментальная установка для исследования доменных структур ферроиков и мультиферроиков методом сканирующей конфокальной оптической микроскопии.

РАН, Программа ОФН РАН "Физика новых материалов и структур".

Руководитель – д.ф.-м.н. В.С. Горнаков

14. Исследованы магнитные и электрические свойства тонких пленок  $\text{La}_{0.3}\text{Mn}_{0.7}\text{SrO}_3$  и гетероструктур  $\text{La}_{0.3}\text{Mn}_{0.7}\text{SrO}_3/\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ , выращенных на подложках  $\text{LaAlO}_3$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , в диапазоне температур 6К – 340К.

В пленках  $\text{La}_{0.3}\text{Mn}_{0.7}\text{SrO}_3$  обнаружены ориентационные магнитные фазовые переходы вблизи  $T_1=330$  К (температура Кюри 340 К) и  $T_2=150$  К, которые не наблюдаются в объемном материале того же состава. Установлено, что при изменении температуры ось легкого намагничивания в них изменяется от  $\langle 111 \rangle$  к  $\langle 110 \rangle$  и к  $\langle 100 \rangle$ , а при  $T_2$  происходит резкое изменение типа доменной структуры и коэрцитивного поля.

Показано, что свойства гетероструктур, выращенных на подложках  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{LaAlO}_3$  кардинально отличаются. В первом случае это содержащие субмикронную доменную структуру пленки с перпендикулярной анизотропией, сверхпроводящий переход в которых вплоть до температуры  $T_c^s=77$  К не наблюдается. Во втором случае доменная структура образцов аналогична доменной структуре однослойных пленок манганита, с  $T_c^s=88$  К. Показано, что близость манганита изменяет поведение проникающего в гетероструктуру магнитного поля при  $T < T_c^s$ , выявлена его зависимость от магнитной предыстории при  $T > T_c^s$ . Обнаружено, что магнитный поток проникает в такие пленки в виде связанных капель поток-антипоток.

Показано, что на основе материалов с комбинированным резистивно-магнитным фазовым переходом первого рода может быть реализован

режим активной термостабилизации. Установлено, что на температуру таких систем можно эффективно влиять внешним магнитным полем.

РАН, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред».

Руководитель – к.ф.-м.н. Л.С. Успенская

15. Исследованы температурные зависимости комплексной высокочастотной проводимости эпитаксиальных сверхпроводящих гетероструктур ( $\text{La}_{1.55}\text{Sr}_{0.45}\text{CuO}_4/\text{La}_2\text{CuO}_4$ ) при 4 МГц-20 МГц и в сильном магнитном поле (до 6 Т). Показано, что имеет место переход Березинского- Костерлитца- Таулеса (БКТ), приводящий к немонотонной полевой зависимости верхнего критического магнитного поля  $H_{c2}(T)$  вблизи  $T_c$  и частотной зависимости температуры сверхпроводящего перехода,  $T_c$ . Аналогичный эффект наблюдался нами ранее на пленках  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  толщиной 1 монослой в гетероструктурах  $\text{Pr}_{0.6}\text{Y}_{0.4}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}/\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x} / \text{Pr}_{0.6}\text{Y}_{0.4}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ .

Исследованы температурные зависимости магнитной глубины проникновения и верхнего критического магнитного поля в монокристаллах железных сверхпроводников  $\text{Ba}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{Fe}_2\text{As}_2$  и  $\text{Ba}_{0.38}\text{K}_{0.62}\text{Fe}_2\text{As}_2$  в импульсных магнитных полях. Показано, что температурная зависимость сопротивления в  $\langle 122 \rangle$  монокристаллах при  $T > T_c$  обусловлена электрон-фононным рассеянием с перебросом из легкой электронной зоны, с  $m^*=1.3m_0$ , в тяжелую дырочную зону, с  $m^*=9.0 m_0$ . Хотя орбитальное критическое магнитное поле  $H_{c2}^*(T)$  сильно анизотропно, спиновый парамагнетизм Паули существенно уменьшает  $H_{c2}(T)$  и его анизотропию. Показано, что зависимость  $H_{c2}(T)$  для различных ориентаций магнитного поля, может быть описана с помощью одного подгоночного параметра - критического магнитного поля Паули  $H_p(0)=97.5$  Т.

РАН, Программа ОФН РАН «Физика новых материалов и структур»,

Руководитель д.ф.-м.н. В.А.Гаспаров

16. В диапазоне температур от  $\sim 100\text{K}$  до  $750\text{K}$  исследованы температурные зависимости модуля сдвига и затухания звука в образцах  $\text{Ti}$ , подвергнутых различного рода интенсивной пластической деформации: многократный изгиб, кручение, ковка, прокатка. Проведено сравнение величин и характера релаксации модуля сдвига и сопровождающего его изменения декремента затухания в процессе отжига от вида деформационной обработки.

Исследована акустическая эмиссия, возникающая в процессе пластической деформации сплава  $\text{Al-3\%Mg}$  при разных скоростных режимах, как в области гладкого течения, так и при скачкообразной деформации (эффект Портевена-ЛеШателье). На основе корреляционного, статистического и мультифрактального анализов сделан вывод об инвариантной природе деформационных процессов в ходе гладкого и прерывистого пластического течения.

РАН

Руководитель - к.ф.-м.н. Н.П. Кобелев

### **Спектроскопия твердых тел и твердотельных структур**

17. В условиях Бозе-Эйнштейновской конденсации (БЭК) диполярных экситонов в двойных квантовых ямах  $\text{GaAs/AlGaAs}$  в картине фотолюминесценции (ФЛ), наблюдаемой непосредственно из латеральных ловушек с высоким пространственным разрешением, обнаружены пространственно-периодические структуры пятен люминесценции, когерентно связанных между собой. Большие масштабы пространственной когерентности означают, что наблюдаемые пространственно-периодические структуры люминесценции в условиях БЭК диполярных экситонов в ловушках описываются единой волновой

функцией. Наблюдение пространственно-периодических структур ФЛ в реальном пространстве и их Фурье-образов в  $k$ -пространстве, а также линейной поляризации люминесценции экситонного конденсата является прямым свидетельством спонтанного нарушения симметрии в условиях Бозе-конденсации диполярных экситонов

С использованием модифицированного интерферометра Линника, измерены с высоким пространственным разрешением длина и время продольной когерентности для диполярных экситонов в кольцевой ловушке диаметром 5 мкм в двойных квантовых ямах в GaAs/AlGaAs гетероструктурах. Найдено, что длина когерентности  $\approx 3$  мкм, а время когерентности  $\approx 10$  пс.

РАН, Программы Президиума РАН «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов» и Программа ОФН РАН «Сильно коррелированные электронные системы»

Руководитель – академик В.Б.Тимофеев

18. Исследована конденсация экситонных поляритонов в планарных GaAs микрорезонаторах с различной глубиной нижней поляритонной моды, в условиях квазирезонансного возбуждения слегка выше энергии экситона. Показано, что в мелких поляритонных зонах макрозаполнение на дне зоны обеспечивается стимулированным параметрическим поляритон-поляритонным рассеянием в накачиваемой моде. Предположено, что формирование резонанса, необходимого для реализации данного механизма, оказывается возможным благодаря конечной ширине экситонного уровня вследствие флуктуаций потенциала в квантовых ямах. В условиях возбуждения циркулярно-поляризованным светом этот механизм обеспечивает сохранение циркулярной поляризации конденсата на дне зоны, а при возбуждении линейно-поляризованным светом он приводит к формированию линейно-поляризованного конденсата с направлением поляризации, ортогональной поляризации возбуждающего света.

Исследована поляризационная неустойчивость в поляритонной системе в плоских полупроводниковых микрорезонаторах с сильной экситон-фотонной связью в условиях импульсного возбуждения светом чуть выше энергии поляритонного резонанса. Обнаружено бистабильное поведение величины поля на квантовой яме в микрорезонаторе от плотности возбуждения. Найдено, что при возбуждении циркулярно и линейно поляризованным светом поле на квантовой яме при бистабильном переходе сохраняет поляризацию возбуждающего света. При возбуждении светом с малой степенью циркулярной поляризации на раннем этапе развития неустойчивости, вызванной спин-зависимым поляритон-поляритонным взаимодействием, система поляритонов стремится перейти в циркулярно поляризованное состояние, однако, не достигнув 100%-ой циркулярной поляризации, возвращается в поляризационное состояние, близкое к поляризации накачки. Показано, что наблюдаемые эффекты связаны с возбуждением в квантовых ямах неполяризованного резервуара экситонов, приводящего к быстрой релаксации разности эффективных резонансных частот экситонов с разными циркулярными поляризациями.

Исследовано нелинейное поведение системы экситонных поляритонов в планарных полупроводниковых микрорезонаторах. Показано, что для развития пороговой неустойчивости поляритон-поляритонного рассеяния в планарном микрорезонаторе при когерентном импульсном возбуждении выше нижней поляритонной ветви необходима минимальная длительность накачки порядка нескольких десятков пикосекунд: заселенность поляритонных мод в областях параметрической неустойчивости должна нарасти от уровня шума до определенного значения, сравнимого с заселенностью возбуждаемой моды.

Исследована конденсация экситонных поляритонов в планарных микрорезонаторах с GaAs/AlAs квантовыми ямами в активной области. Найдено, что увеличение времени жизни поляритонов до  $\sim 10-15$  пс при повышении добротности  $MP Q$  выше 7000 позволяет реализовать бозе-

конденсацию поляритонов с доминирующей (>90%) долей фотонной компоненты. Конденсация происходит в термодинамически неравновесных условиях в латеральных ловушках с диаметром ~ 10 мкм, образующихся благодаря крупномасштабным флуктуациям потенциала поляритонов.

Разработаны численные методы анализа неравновесных переходов в мультстабильной системе квазидвумерных экситонных поляритонов с учетом спиновых степеней свободы. В частности, разработаны методы для расчета оптического отклика микрорезонатора в условиях импульсного резонансного фотовозбуждения с длительностью порядка наносекунды и сравнительно малыми временами когерентности в области 10-100 пикосекунд. В результате сравнения расчетных и экспериментальных данных установлено, что неустойчивость, возникающая в мультстабильной экситон-фотонной системе по достижении критических плотностей возбуждения, приводит к сильному гистерезису в зависимости поляризации прошедшего импульса от мощности возбуждения. Область, в которой существует гистерезис в зависимости интенсивности пропускания от мгновенной мощности накачки, ограничена переходными областями развития неустойчивости, где, с одной стороны, мощность возбуждения достаточно велика для возможности спонтанного перехода в высокоэнергетическое состояние, но, с другой стороны, не превышает тех значений, при которых переходы на верхнюю ветвь устойчивости могут осуществляться только за счет флуктуаций характеристик возбуждающего импульса.

РАН, Программы Президиума РАН «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов» и «Квантовая физика конденсированных сред» и Программа ОФН РАН «Сильно коррелированные электронные системы»

Руководитель – проф. д.ф.-м.н. Кулаковский В.Д.

19. Исследована спиновая поляризация дырок в InGaAs квантовых ямах (КЯ) p-типа в GaAs/InGaAs светодиодах с  $\delta$ -слоем Mn в GaAs слое с различной глубиной квантовой ямы. Найдено, что в магнитном поле  $B=0.3 - 0.5$  Тл, перпендикулярном плоскости КЯ,  $p-d$  обменное взаимодействие дырок в КЯ с магнитными моментами ионов Mn в ферромагнитном  $\delta$ -слое Mn приводит к большой степени поляризации дырок  $\rho_h$ , достигающей 25 % при расстоянии ферромагнитного слоя от квантовой ямы  $d=3$  нм и глубине дырочной квантовой ямы 30-40 мэВ. Величина  $\rho_h$  слабо уменьшается при увеличении  $d$  до 10-12 нм при глубине ямы 30-40 мэВ, однако резко падает при увеличении глубины ямы выше 70 мэВ. Показано, что большая степень поляризации дырок и ее слабая зависимость от расстояния между квантовой ямой и слоем Mn обусловлены наличием резонанса между энергиями дырок в квантовой яме и на уровне Mn. Эффект исчезает с нарушением этого резонанса.

Разработана методика резонансной спектроскопии ядерной спиновой поляризации в квантовых точках "накачка -тестирование", основанная на детектировании Оверхаузеровского сдвига в спектре нерезонансной люминесценции квантовой точки. В исследованиях ядерной спиновой поляризации в InP/GaInP квантовых точках найдено, что высокая степень ядерной поляризации возникает при возбуждении как разрешенных (аналог классического эффекта Оверхаузера), так и дипольно запрещенных переходов в квантовой точке (аналог солид-эффекта). Обнаружено, что накачка ядерной поляризации через запрещенный переход оказывается более эффективной, в том числе и в нулевом магнитном поле, где солид-эффект оказывается доминирующим процессом. Предложена теоретическая модель, основанная на рассмотрении двух циклических процессов ядерной поляризации, было дано объяснение наблюдаемым в эксперименте спектрам, в том числе явлению бистабильности и различию знаков асимметрии спектральных

зависимостей степени ядерной поляризации, связанных с эффектом Оверхаузера и солид-эффектом.

РАН, Программа ОФН РАН «Спиновые явления в твердотельных наноструктурах и спинтроника»

Руководитель – проф. д.ф.-м.н. Кулаковский В.Д.

20. Проведено изучение спектрально-временных особенностей фотолюминесценции (ФЛ) в сверхрешетках (SL) 2-го типа ZnSe/BeTe с толщинами слоев ZnSe и BeTe в несколько монослоев (ML). Обнаружено, что в короткопериодных SL ZnSe/BeTe время свечения в области прямых оптических переходов существенно увеличивается (до  $\approx 200$  пс) и, в отличие от гетероструктур с более широкими слоями ZnSe ( $80 \div 25$  ML, т.е.  $23 \div 7.2$  нм), практически не зависит от уровня оптической накачки.

Исследовано влияние внешнего электрического поля, приложенного к гетероструктурам 2-го типа ZnSe/BeTe, на спектральный состав и кинетику ФЛ. При возбуждении непрерывным лазером, при котором концентрация пространственно разделённых носителей достаточно низкая и модификацией зонной структуры можно пренебречь, при приложении внешнего напряжения наблюдался сдвиг края полосы пространственно непрямого оптического перехода на 120 мэВ, а также изменение интегральной интенсивности прямого перехода до 300 раз.

РАН, Программа ОФН РАН «Физика новых материалов и структур»

Руководитель - д.ф.-м.н. Тартаковский И. И.

21. ИК спектроскопия показала, что в результате обработки многостенных углеродных нанотрубок в HNO<sub>3</sub> конц. на нанотрубках формируются группы C=O, существенно повышающие способность нанотрубок сорбировать металлы из воды. Сорбция металлов такими нанотрубками выше по сравнению с известными марками активированных углей.

В монокристаллах Eu<sub>2</sub>(MoO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, аморфизованных всесторонним сжатием, обнаружен эффект памяти. А именно, ИК спектры отражения в

области оптических фононов показали, что в результате термических отжигов аморфизованных образцов восстанавливается как исходная фаза, так и ее кристаллографическая ориентация. Эффект объясняется наличием в структуре аморфизованных образцов включений ориентированных нанокристаллов фазы высокого давления.

Из фотонного кристалла, построенного из шаров SiO<sub>2</sub> изготовлен инвертированный опал. ИК спектроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния света показали, что инвертированный опал представляет собой композит из SiC и углерода, а также, возможно, и включений наноалмаза.

Получен патент на изобретение ультрафиолетового лазера на основе двумерного фотонного кристалла (синтетический опал). Пленку ZnO наносили на поверхность фотонного кристалла. Это приводило к пространственной модуляции эффективного коэффициента преломления и, соответственно, к формированию распределенной обратной связи. Поэтому наблюдалась лазерная генерация в такой структуре в отличие от аналогичной пленки ZnO на плоской поверхности.

Обзор наших работ, посвященных гидрированным углеродным наноструктурам (C<sub>60</sub>, одностенные углеродные нанотрубки) опубликован в книге, изданной Springer, где мы показали, что получили C<sub>60</sub>H<sub>x</sub> с  $x \geq 60$ . Ранее считалось, что невозможно получить C<sub>60</sub>H<sub>x</sub> с  $x > 36$ . Показано, что излучение межзвездных облаков можно объяснить формированием микрочастиц C<sub>60</sub>H<sub>x</sub> с  $x = 36 \div 60$ .

РАН

Руководитель – к.ф.-м.н. А.В. Баженов

22. Методами комбинационного рассеяния света и фемтосекундной лазерной спектроскопии исследована когерентная динамика тонкой пленки ZnO. Показано, что при приближении к резонансу до шести фононных мод, включая две E<sub>2</sub> моды и их комбинации, LO мода и ее обертоны, могут быть когерентно возбуждены. В отличие от резонансного

случая, влияние Фрелиховского взаимодействия на интенсивность полярных LO мод ограничено. Также проведены эксперименты по интерференции бифононов в ZnTe, которые свидетельствуют, что максимальная запутанность реализуется при минимальном сжатии фононной подсистемы.

РАН

Руководитель: д.ф.-м.н. О.В. Мисочко

### **Структура конденсированных сред, физика дефектов, рост кристаллов**

23. Исследована возможность получения методом интенсивной пластической деформации аморфного магнитомягкого сплава  $Fe_{78}B_9Si_{13}$  нанокристаллического сплава с высокими магнитными свойствами. В образцах аморфного магнитомягкого сплава  $Fe_{78}B_9Si_{13}$  методом интенсивной пластической деформации сформирована нанокристаллическая структура, состоящая из нанокристаллов Fe(Si), распределенных в аморфной матрице. Исследована структура полученных образцов. Средний размер нанокристаллов составляет 8 нм. Доля нанокристаллов увеличивается с увеличением степени деформации. Измерены гистерезисные магнитные свойства исходного и полученного нанокристаллического образцов. Обнаружено, что образование наведенной деформацией наноструктуры приводит к увеличению намагниченности насыщения (более чем на 30%) без увеличения коэрцитивной силы.

Исследовано влияние интенсивной пластической деформации на структуру сплавов Cu–Ni (содержанием Ni от 9 до 77 вес. %). Установлено, что в результате деформации в сплавах с содержанием никеля 42 и 77 % происходит распад пересыщенного твердого раствора с образованием двух фаз; одна из фаз обогащена медью, вторая – никелем.

Установлено, что эффективная температура, которая отвечает проведенной деформации, составляет 235°C.

Проведен анализ устойчивости фаз в бинарных системах простых металлов с применением программы BRIZ. Базируясь на модели почти свободных электронов, рассмотрена конфигурация зоны Бриллюэна-Джонса по отношению к идеальной сфере Ферми и показан энергетический выигрыш вклада валентных электронов вследствие образования новых Бриллюэновских плоскостей вблизи поверхности Ферми. Эффективность такого механизма показана для несоразмерных модулированных фаз в системе SnSb и для фазы высокого давления фосфора с электронной концентрацией 4.5 и 5, соответственно.

РАН, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель: проф. д.ф.-м.н. Аронин А.С.

24. Методом низкотемпературной рентгеновской дифрактометрии определена структурная природа фазовых переходов в парамагнитных металлах  $\beta''$ -(BEDT-TTF) $_4$ H $_3$ O[Fe(C $_2$ O $_4$ ) $_3$ ] $\cdot$ (BN $_0.35$ CB $_0.65$ ) и  $\beta''$ -(BEDT-TTF) $_4$ H $_3$ O[Fe(C $_2$ O $_4$ ) $_3$ ] $\cdot$  (BN $_0.23$  BB $_0.77$ ). Установлено, что в этих кристаллах при температуре 240-250 К происходит понижение симметрии от моноклинной до триклинной, которое сопровождается упорядочением в анионной подсистеме и слабым перераспределением заряда в проводящих катион-радикальных слоях. При низких температурах кристаллы сохраняют свои металлические свойства.

Проведено рентгеноструктурное исследование монокристаллов молекулярного наномангнетика [Mn $_4$ (hmp) $_6$ (NO $_3$ ) $_2$ Fe(CN) $_5$ NO] $_n$  $\cdot$ 4CH $_3$ CN при 150 К. Показано, что этот комплекс имеет структуру, характерную для молекулярных нанопроволок, в которых анизотропные магнитные блоки связаны мостиковыми лигандами в цепочки с сильными магнитными корреляциями. Полимерные цепочки в кристалле

пространственно разделены молекулами растворителя (CH<sub>3</sub>CN), минимальные расстояния Mn...Mn между цепочками составляют 9-10 Å. РАН, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель: д.ф.-м.н. Шибаета Р.П.

25. Методами мессбауэровской спектроскопии и рентгеновской дифрактометрии проведено систематическое исследование особенностей структурных превращений в  $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Mn}_{0.9857}\text{Fe}_{0.0203+\delta}$  ( $x = 0.05 \div 0.50$ ) в зависимости от содержания Ca. Установлено, что при варьировании условий термообработки (отжиг в вакууме и на воздухе), происходят обратимые фазовые переходы. С ростом содержания кальция фазы последовательно подавляются. В результате при  $x > 20\%$  остается орторомбическая фаза Pnma1, стабильная при любых термообработках. На основании полученных экспериментальных данных заключено, что обратимость фазовых переходов возможна только при наличии избыточного кислорода, занимающего междоузлия в решетке. Анализ полученных данных позволяет предположить, что с прикладной точки зрения наибольший интерес должен представлять состав с концентрацией кальция в области 30%, так как при разных условиях термообработки получаемая фаза стабильна.

Методами рентгеновской дифракции исследовано влияние легирующих добавок на структурные состояния боратов YBO<sub>3</sub> и ScBO<sub>3</sub> при последовательных изотермических отжигах аморфного прекурсора и шихты из смеси микропорошков исходных оксидов (нитратов) PЗМ того же состава. Показано, что полученные в обоих случаях фазовые последовательности боратов PЗМ существенно отличаются друг от друга. Добавки 5 % атомов Sc в прекурсор при синтезе YBO<sub>3</sub> приводят к образованию, помимо равновесной фазы, фазы фазитной модификации бората иттрия, неизвестной ранее для этого соединения, но являющейся равновесной фазой для ScBO<sub>3</sub>. В случае синтеза ScBO<sub>3</sub> из

аморфного прекурсора добавки в прекурсор 5% атомов Y приводят, кроме образования равновесной кальцитной модификации, дополнительно к формированию так называемой X-фазы, впервые зарегистрированной при закалке расплава бората скандия на холодную подложку. Никакой X-фазы при синтезе бората скандия при последовательных изотермических отжигах шихты из смеси микропорошков исходных оксидов (нитратов) с добавками 5% атомов Y обнаружено не было. Проведен анализ возможных причин сильного влияния легирующих добавок на структурные последовательности при синтезе YVO<sub>3</sub> и ScVO<sub>3</sub> из аморфного прекурсорного состояния.

РАН, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель: проф. д.ф.-м.н. Шехтман В.Ш.

26. Экспериментально и методами численного моделирования изучены закономерности динамического рассеяния рентгеновского излучения в сильно искаженных областях кристаллической решетки вблизи ядра дислокаций, находящихся в особых положениях. Высказано предположение о том, что одним из возможных механизмов является рассеяние волнового поля на псевдогранице (эффект Бормана-Лемана) в области локальных разориентаций, где кристалл выходит из отражающего положения вблизи оси дефекта, например ядра дислокации. Путем численного моделирования секционных топограмм модельных дефектов продемонстрировано образование прямого изображения. В качестве модельного образца использовался совершенный монокристалл внутри, которого в определенном кристаллографическом направлении располагается тонкая трубка, заполненная тем же монокристаллическим материалом с ориентацией отличной от основного кристалла. В этом случае, если модельный кристалл установлен в отражающее положение, то для области внутри трубки условия Брега не выполняются. Численные

топограммы показывают, что прямое изображение образуется на границе трубки модельного кристалла.

РАН

Руководитель: проф. д.ф.-м.н. Э.В.Суворов

27. Проведен рентгеноструктурный анализ и исследованы свойства кристаллов молекулярных и ионных комплексов фуллеренов, в которых структурообразующим строительным блоком выступал координирующий комплекс металлотетрафинилпорфирирата и бипиридина: (MTPP)·BPy. Установлено, что молекулярном комплексе (MnTPP)<sub>2</sub>BPy·(C<sub>60</sub>)<sub>4</sub> (1) фуллерены образуют односвязную подрешетку, а в ионном комплексе (CoTPP)<sub>2</sub>BPy ·(C<sub>60</sub><sup>•-</sup>)·Vz<sub>2</sub>Cr<sup>+</sup> (2) фуллерен-анионы изолированы. В ионном комплексе [(CoTPP)BPy]<sub>2</sub> ·(C<sub>60</sub><sup>•-</sup>)<sub>3</sub>·(TDAE<sup>+</sup>)<sub>3</sub> (3) реализуется полимерная подрешетка из (CoTPP)·BPy, анион-радикалы C<sub>60</sub><sup>•-</sup> образуют изолированные тримеры. При комнатной температуре фуллерен-анионы находятся в мономерном состоянии, при низких температурах происходит переход в фрустрированное димер-мономерное состояние. ЭПР спектр соединения носит сложный характер, в силу присутствия взаимодействующих спинов от всех компонентов структуры, димеризация в фуллереновой подрешетке сопровождается падением интенсивности резонансного сигнала. Рентгеноструктурные исследования перспективных кристаллов 1 и 3 при высоких давлениях до 35 кбар с использованием камеры с алмазными наковальнями при комнатной температуре не обнаружили признаков структурного перехода в них.

РАН, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»,

Руководитель: к.ф.-м.н. Хасанов С.С.

28. Исследованы спектральные характеристики молибдатов редкоземельных ионов и установлено, что спектры люминесценции

$\text{Na}_x\text{Eu}_{2/3-x/3}\text{MoO}_4$  содержат две наиболее интенсивные полосы с  $\lambda_{\text{max}} \sim 613$  и 615 нм, соответствующие свечению ионов  $\text{Eu}^{3+}$ . Показано, что максимальный световыход имеет соединение  $\text{Na}_5\text{Eu}(\text{MoO}_4)_4$ , которое может быть использовано в качестве эффективного “красного” люминофора для светодиодов, излучающих “белый” свет (White Light Emitting Diodes). Обнаружены радикальные различия интенсивностей и спектральных характеристик свечения для различных структурных модификаций  $\text{KEu}(\text{MoO}_4)_2$ . Интенсивность люминесценции триклинной  $\beta'$ -  $\text{KEu}(\text{MoO}_4)_2$  модификации в 70 раз больше свечения моноклинной модификации  $\alpha$  -  $\text{KEu}(\text{MoO}_4)_2$ .

Методами оптической, ИК- спектроскопии и рентгеноструктурного анализа проведены исследования монокристаллов молибдатов европия и гадолиния, подвергнутых высоким всесторонним давлениям и последующему термическому отжигу. Показано, что отжиг при 5500С кристаллов, подвергнутых барическим воздействиям, приводит к образованию исходной  $\beta'$  - фазы, имеющей такую же ориентацию, как и в исходном образце. Обнаружено совпадение ориентации решеток исходной  $\beta'$  - фазы и фазы высокого давления (ФВД), составляющей несколько процентов структурно неоднородного состояния (аморфной фазы и ФВД), возникающего после воздействия на монокристалл высокого всестороннего давления.

РАН

Руководитель: д.ф.-м.н. Шмурак С.З.

29. Показано, что после диффузии золота (2-3 часа при 700°С) в монокристаллы кремния, концентрация атомов золота в узлах решетки измеренная на глубинах более 10 микрон в областях, где были введены дислокации с плотностью  $10^6\text{см}^{-3}$  на 1.5-2 порядка выше, чем в бездислокационных области того же образца. Эффект можно объяснить в предположении что при введении дислокаций движущиеся дислокации

генерируют неравновесные вакансионные дефекты, которые значительно влияют на диффузию и поведение многих примесей.

Методом DLTS изучены стимулированные светом реакции атомов железа, оставшихся после алюминиевого гетерирования (AlG) образцов монокристаллического FZ кремния p-типа. Облучение образцов белым светом при комнатной температуре приводит к образованию дефектов с донорным уровнем на 0.33 эВ выше потолка валентной зоны. Эти дефекты стабильны до 175 °С после чего диссоциируют. Используя диффузию золота нами было показано, что AlG приводит к появлению неравновесных вакансионных дефектов в образце. Поэтому, мы полагаем что обнаруженные новые дефекты являются метастабильными комплексами железо-вакансия.

РАН, программа РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель: член-корреспондент РАН В.В.Кведер

30. Методом фотолюминесценции и ПЭМ исследованы дислокации, возникающие на интерфейсе соединенных пластин кремния. Использовались образцы p-типа с промежуточным слоем кислородного окисла. Полоса возникает после отжига соединенных образцов при температуре 1200°С. Показано, что интенсивность полосы в образцах с ориентацией (001)/(001) существенно выше, чем в образцах с ориентацией (110)/(001). Кроме того, интенсивность полосы оказалась зависящей от толщины верхнего слоя. Подробные электронно-микроскопические исследования образцов показали, что в результате высокотемпературного отжига окисный слой интерфейса частично растворяется за счет диффузии атомов кислорода к поверхности структуры и восстановления на интерфейсе кристаллической структуры. Однако, за счет частичной разориентации пластин на интерфейсе возникает сетка дислокаций, большая часть которых принадлежит к винтовому типу, остальные имеют краевую компоненту. Первые компенсируют угловое несоответствие

пластин в плоскости интерфейса, а вторые компенсируют наклонное несоответствие.

Исследование температурной зависимости новой полосы показало, что люминесценция обусловлена переходами между мелкими состояниями с глубиной залегания порядка 100 мэВ и глубокими состояниями. Природа глубоких состояний предположительно связана со структурными дефектами на дислокациях.

В рамках исследования влияния примесей на дислокационные состояния обнаружена пассивация глубоких дислокационных состояний одиночными атомами меди, растворенными в решетке после отжига и закалки при высоких температурах.

РАН, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель- д.ф-м.н. Э.А.Штейнман

31. Методами фотолюминесценции и DLTS исследовались электронные состояния дефектов в монокристаллах германия n- и p-типов, которые после пластической деформации были легированы примесью меди и закалены до комнатной температуры. Последующий прогрев этих кристаллов приводит к спектральному перераспределению интенсивности дислокационной фотолюминесценции вследствие преципитации неравновесных атомов меди вблизи дислокаций. Параметры глубокого уровня в германии p-типа, определенного методом DLTS, соответствуют двукратно отрицательно заряженным атомам замещающей меди  $\text{Cu}_s^{-2}$ . В германии n-типа обнаружено увеличение времени захвата электронов на глубокий уровень при понижении температуры, а энергия активации процесса релаксации емкости не совпадает с энергией глубокого уровня, создаваемого атомами меди  $\text{Cu}_s^{-3}$  в верхней половине запрещенной зоны. Эти особенности обусловлены, вероятно, спецификой захвата электронов на отрицательно заряженный глубокий центр в присутствии дислокаций.

РАН, Программа РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель д.ф.-м.н. С.А.Шевченко

32. Исследовано влияние шихты карбида кремния на качество выращенных кристаллов сублимационным методом с использованием автоматизированной ростовой установки УРКК. Получены монокристаллы SiC политипов 4Н и 6Н диаметром 50 мм и толщиной до 10 мм. Отмечено, что размер зерна в шихте влияет на скорость роста и динамику ее изменения в процессе выращивания кристаллов. Показано, что при фиксированной скорости роста около 0.2 мм/час влияние размера кристаллитов в шихте на концентрацию дефектов (микротрубок) в полученном кристалле не выявлено.

РАН, Программа ОФН РАН «Физика новых материалов и структур»

Руководитель – проф. д.т.н. Емельченко Г.А.

33. С помощью экспертно-программного комплекса, включающего систему автоматизированного сбора-обработки технологических данных процесса роста и результатов анализа структуры кристаллов и алгоритм авто-корреляции совокупности технологических данных и результатов анализа качества, проведено исследование влияния технологических параметров процесса кристаллизации на газовые включения и центры рассеяния. В ходе промышленного производства профилированных кристаллов сапфира, выращиваемых в группе, определено множество оптимизирующих параметров, обеспечивающее низкую дефектность, определяемую незначительным количеством газовых включений в кристаллах пакета.

РАН

Руководитель –член-корр. РАН. Бородин А. В.

34. Исследована трансформация структуры и оптических характеристик одномерных и трёхмерных жидкокристаллических фотонных кристаллов при изменении материальных параметров. Впервые рассчитаны полевая

зависимость спиральной периодичности и зависимость поля раскрутки антисегнетоэлектрической спирали в электрическом поле от межслоевых взаимодействий. Полученные результаты существенны при конструировании электрооптических устройств на антисегнетоэлектрических жидких кристаллах.

Исследовано влияние электрического поля на самоорганизацию частиц в жидкокристаллических наноплёнках. В полярных плёнках реализовано управляемое внешним полем изменение направления ориентации цепочек из частиц. Изменение структуры поверхности и ориентационного сцепления молекул с частицами в наноплёнках приводит к изменению расстояний между частицами и связанными с ними топологическими дефектами и к изменению межчастичных взаимодействий. Таким путём реализовано изменение межчастичных расстояний в самоорганизующихся структурах более чем в два раза. Обнаруженный эффект может быть использован для управления межчастичными расстояниями в структурах из частиц.

РАН, Программа фундаментальных исследований Президиума РАН  
«Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель – д.ф.-м.н. В.К. Долганов

### **Транспортные явления в кристаллических и аморфных материалах и структурах**

35. Проведен расчет отражения электромагнитной волны от поверхности полупроводника или металла полярной симметрии. Показано, что коэффициенты отражения и прохождения волны зависят от направления полярной оси – изменение направления оси на противоположное вызывает изменение этих коэффициентов.

РАН, Программа ОФН РАН «Спинтроника».

Руководитель: проф. д.ф.-м.н. В.Я. Кравченко.

36. Выявлены ключевые закономерности кроссовера между двумя предельными режимами катастрофы аннигиляции – катастрофой со срывом потока и катастрофой с «замороженным» потоком. Установлено, что в широком диапазоне параметров трансформация формы и поведение амплитуд катастрофы и концентрационного взрыва являются однозначными функциями некоторого комбинированного скейлингового параметра  $K$ . Численно построены соответствующие нормированные амплитудные зависимости и скейлинговые функции и показано что в скейлинговых координатах все они сходятся к универсальным кривым.

РАН,

Руководитель - к.ф.-м.н. Б. М. Шипилевский

### **Фазовые равновесия, фазовые переходы**

37. Колебательные спектры сверхстехиометрического гидрида высокого давления  $\text{LaNi}_5\text{H}_{9.5}$  и, для сравнения, гидрида низкого давления  $\text{LaNi}_5\text{H}_6$  изучены методом неупругого рассеяния нейтронов (НРН). Исследованием НРН спектров дейтерида палладия на образце с сильной кубической текстурой показано, что потенциал для атомов  $\text{D}$  в  $\text{PdD}$  изотропен при энергиях до 125 мэВ, считая от дна ямы, и становится сильно анизотропным при более высоких энергиях. Построены спектры плотности фононных состояний и температурные зависимости теплоемкости для  $\alpha$  и  $\gamma$  модификаций  $\text{MgH}_2$  и  $\gamma$  модификации  $\text{AlH}_3$ .

РАН, Программа Президиума РАН “Теплофизика и механика экстремальных энергетических воздействий и физика сильно сжатого вещества”

Руководитель – д.ф.-м.н. В.Е. Антонов

38. Методом Чохральского выращены монокристаллические образцы сложных оксидов на основе редкоземельных молибдатов  $\text{NaGd}_2(\text{MoO}_4)_{3.5}$  и  $\text{NaEu}_2(\text{MoO}_4)_{3.5}$ . Рентгеноструктурные и электронно-микроскопические

исследования показали, что полученные соединения имеют модулированную (несоразмерную) структуру по двум кристаллографическим направлениям. Установлено, что эти несоразмерные фазы устойчивы при давлениях до 9 ГПа. Измерены температурные зависимости спонтанной электрической поляризации, проводимости и диэлектрической проницаемости  $\text{NaVO}_3$  при температурах от комнатной до 610°C (предплавильной). Показано, что поляризация  $\text{NaVO}_3$  отлична от нуля во всём исследованном температурном интервале, и термоэлектрическая обработка создаёт дополнительную, медленно релаксирующую поляризацию. Таким образом,  $\text{NaVO}_3$  обладает свойствами электрета.

РАН, Программа Президиума РАН «Теплофизика и механика экстремальных энергетических воздействий и физика сильно сжатого вещества»

Руководитель – к.ф.-м.н. В.В. Сеницын

39. Измерена барическая зависимость температуры  $T_c$  сверхпроводящего перехода в соединении  $\text{FeSe}_{0.43}\text{Te}_{0.48}$  при давлениях до 4 ГПа и температурах до 4.2 К. Обнаружена высокая чувствительность  $T_c$  к давлению – возрастание от 11 до 15 К при повышении давления от атмосферного до 0.1 ГПа и падение ниже 4.2 К при последующем увеличении давления до 4 ГПа. Предложено объяснение эффекта. Отработана методика синтеза аморфного Ge методом химического диспропорционирования. Обнаружен переход этой полупроводниковой фазы низкой плотности (LDA) в металлическую аморфную фазу высокой плотности (HDA) при давлениях 8–12 ГПа. Превращение между аморфными фазами LDA и HDA является обратимым и имеет значительный барический гистерезис около 4 ГПа, что характерно для фазовых переходов I рода. Фаза HDA является сверхпроводником и имеет более высокие значения  $T_c$ , чем кристаллическая фаза Ge-II со структурой типа  $\beta\text{-Sn}$ , термодинамически устойчивая при тех же давлениях.

Рентгеноструктурным методом построена линия перехода  $\omega$  фазы циркония в сверхпроводящую  $\beta$  фазу при давлениях до 40 ГПа и температурах до 540°C.

РАН, Программа Президиума РАН «Теплофизика и механика экстремальных энергетических воздействий»

Руководитель – проф. Е.Г. Понятовский

40. В результате изучения процесса твердофазной аморфизации в системе  $(\text{GaSb})_{1-x}\text{Ge}_x$  методами рентгеновской, нейтронной и электронной дифракции предложена модель твердофазной аморфизации полупроводников. Установлено, что наложение двух факторов – химического расслоения интерметаллида и волн деформации, сопровождающих прямое превращение  $\text{GaSb I} \rightarrow \text{GaSb II}$  между кристаллическими фазами при высоких давлениях, приводит к образованию слоевых неоднородностей со сложной поверхностью, которые препятствуют обратному превращению  $\text{GaSb II} \rightarrow \text{GaSb I}$  при отогреве закаленной фазы  $\text{GaSb II}$  и обуславливают аморфизацию сплава. Растворение примеси Ge в возникших неоднородностях носит избирательный характер, замедляя тепловую релаксацию и увеличивая дифракционный контраст кристаллических и аморфных выделений.

РАН, Программа Президиума РАН «Теплофизика и механика экстремальных энергетических воздействий и физика сильно сжатого вещества»

Руководитель – к. ф.-м. н. В.К. Федотов

41. Исследовано образование равновесных и метастабильных зернограничных фаз в сплавах Fe–C и Cu–In. На примере систем Cu–In впервые установлено, что наступление полного смачивания границ зерен расплавом зависит от количества смачивающей фазы, и при повышении её объема может наступать при отличных от нуля контактных углах. Показано, что на объемной фазовой диаграмме Fe–C в двухфазных

областях «феррит+аустенит» и «аустенит+цементит» есть линии зернограницных фазовых переходов от неполного смачивания второй твердой фазой к полному. Полученная новая информация об областях существования сплошных прослоек хрупких фаз по границам зерен послужит основой разработки новых режимов термомеханической обработки сталей.

РАН

Руководитель – д.ф.-м.н. Б.Б. Страумал

42. Изучено влияние зернограницных рёбер (линий стыка плоских фасеток и искривленных участков, а также двух искривленных участков) и тройных стыков границ на рост зёрен. Исследовано тепловое движения наночастиц жидкого Pb в тонких фольгах сплавов Al–Pb. Обнаружено, что энтальпия активации движения зернограницных фасеток отлична от энтальпии активации движения искривленных границ зерен и близка к нулю. Это означает, что существует температура, выше которой движение границы определяется миграцией искривленных участков, а ниже – движением зернограницных фасеток. Впервые изучено влияние зернограницных рёбер на движение границ различной кристаллогеометрии. Обнаружено, что энтальпия активации движения рёбер близка к энтальпии активации движения границы.

РАН

Руководитель – к.ф.-м.н. В.Г. Сурсаева

**Низкоразмерные структуры, нано- и мезоскопические структуры и стистемы, атомные и молекулярные кластеры**

43. Вблизи фактора заполнения  $9/2$  в двумерном электронном газе в GaAs/AlGaAs гетероструктурах обнаружено несколько геометрических резонансов соизмеримости между периодом волны зарядовой плотности полосатой фазы сильно взаимодействующих двумерных электронов и длиной волны поверхностных акустических волн. Из обнаруженных резонансов удалось измерить период модуляции электронной плотности и его зависимость от магнитного поля. Исследована дисперсия коллективных возбуждений в полосатой электронной фазе и показано, что она является сильно анизотропной, причем обнаруженная анизотропия дисперсии возбуждений наблюдается лишь вблизи фактора заполнения  $9/2$  и исчезает при повышении температуры до 150 мК. Показано, что спонтанное расслоение однородной электронной системы на неоднородные, периодические структуры является фундаментальным свойством систем, в которых в потенциале взаимодействия на разных длинах имеется конкуренция притяжения и отталкивания.

Предложен новый метод исследования непрямых экситонов в нелегированных ассиметричных двойных квантовых ямах в GaAs/AlGaAs гетероструктурах, основанный на эффекте туннельного фильтрования по массе носителей заряда. Показано, что огромная разность во временах туннелирования через потенциальный барьер из узкой ямы в широкую для электронов и дырок позволяет создавать нейтральную систему непрямых экситонов с большой плотностью. Обнаружено, что при увеличении плотности непрямых экситонов до порогового значения происходит экранировка экситонов и система непрямых экситонов переходит в двухслойную систему свободных электронов и дырок, демонстрирующую плазменные свойства. Показано, что в пределе малых плотностей непрямых экситонов в спектре микроволнового поглощения наблюдается резонанс, отвечающий переходу между состояниями  $1S$  и  $2P$  экситона. Измерена зависимость энергии экситонного перехода как функция межслойного расстояния, разделяющего электроны и дырки. Обнаружено, что экспериментальная зависимость не соответствует

ожидаемой теоретически, что указывает на важность эффектов диэлектрического экранирования экситонных состояний, проявляющихся уже при довольно низких концентрациях экситонов.

Исследованы дисперсия магнитоплазменных и плазменных возбуждений в двумерных электронных системах в GaAs/AlGaAs гетероструктурах, край которых задается с помощью металлического затвора и приложенного к нему напряжения. Обнаружено значительное уменьшение частоты плазменных волн по сравнению с плазменной частотой, измеренной в вытравленных мезах, имеющих ту же геометрию, размер и электронную плотность.

В спектрах резонансного микроволнового поглощения системы двумерных электронов в GaAs/AlGaAs гетероструктурах в перпендикулярном магнитном поле обнаружены новые низкочастотные моды, отвечающие акустическим краевым магнитоплазменным возбуждениям. Показано, что дополнительные моды возбуждений проявляются исключительно в режиме квантового эффекта Холла (в узкой области магнитных полей вблизи целочисленных значений фактора заполнения), когда наблюдается резкое сужение линий резонансного микроволнового поглощения.

В состоянии холловского ферромагнетика в системе двумерных электронов в GaAs/AlGaAs гетероструктурах впервые удалось зарегистрировать спиновые возбуждения с единичным спином и с энергией, существенно меньшей зеемановской, которые, по всей видимости, и являются собственными модами скирмионных упорядоченных структур. Исследованы дисперсионные зависимости новых мод и показано, что они не являются голдстоуновскими. Данное экспериментальное наблюдение дает основание не рассматривать скирмионные кристаллы в качестве основного состояния электронной системы вблизи нечетных целочисленных факторов заполнения.

РАН, Программа Президиума РАН «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов», Программа

Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»,  
Программа ОФН РАН «Сильно коррелированные электронные системы»  
Руководитель чл.-корр РАН Кукушкин И.В.

44. В системе двумерных электронов с высокой электронной подвижностью в GaAs/AlGaAs гетероструктурах исследован электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) и изучены зависимости положения, ширины, интенсивности и формы линии резонансного микроволнового поглощения от фактора заполнения и температуры. Показано, что ширина линии ЭПР в квантовых ямах GaAs/AlGaAs с большой электронной подвижностью может составлять 30 МГц, что соответствует времени спиновой релаксации двумерных электронов 10 нс. Экспериментальные данные по температурной зависимости ширины линии спинового резонанса при факторе заполнения 1 сравниваются с теоретическими результатами, полученными для различных механизмов спиновой релаксации. Показано, что доминирующим механизмом спиновой релаксации при факторе заполнения 1 и температурах 1.5 К- 4 К является взаимное рассеяние спиновых экситонов.

РАН, Программа ОФН РАН «Спиновые явления в твердотельных наноструктурах и спинтроника»

Руководитель – чл.-корр РАН. И. В. Кукушкин

45. Дано объяснение наблюдаемым релаксационным колебаниям тока при изучении стационарной ВАХ жидкого электролита. Изучены детали структуры краевых электронных состояний в двумерном ограниченном внешними полями металле в условиях обращения в ноль граничной электронной концентрации. Изучалась релаксация спина в квантово-холловском ферромагнетике, при которой начальным возбуждением является голдстоуновская мода - поворот полного спина 2D электронов на конечный угол. В качестве механизма релаксации рассмотрено сверхтонкое взаимодействие с ядрами GaAs. Случайное состояние спинов

ядер обеспечивает диссипативность элементарных процессов релаксации. Рассмотрено взаимодействие коллективных межподзонных и плазменных возбуждений (оптических плазмонов) в области энергий, близких к энергии межподзонного расстояния, в двойных туннельно-связанных электронных слоях в зависимости от асимметрии, туннелирования и параллельного магнитного поля.

РАН.

Руководитель – д.ф.-м.н. В.Б. Шикин.

46. Соотношение скачков химического потенциала в реальных и идеальных системах.

Изготовлены образцы, содержащие двумерный электронный газ повышенной однородности. С этой целью пришлось отказаться от обычного затвора, расположенного на поверхности образца, и использовать так называемый «задний затвор» эпитаксиально выращенный в объеме полупроводниковой структуры. Проведены тестовые измерения, продемонстрировавшие возможность исследования на новых образцах зависимости скачков химического потенциала от знаменателя дроби в дробном квантовом эффекте Холла, а также от температуры. Для оценки степени близости исследованных структур к идеальным осталось выяснить роль протяженности электронной волновой функции в направлении, перпендикулярном интерфейсу в формировании щелей дробного квантового эффекта Холла.

РАН, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред», Программа Президиума РАН «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов

Руководитель д.ф.м.н., проф. Долгополов В.Т.

47. Неравновесные и нестационарные свойства систем пониженной размерности.

Исследовано негальваническое взаимодействие между квантовыми сужениями в магнитном поле. Изучены два типа электронных структур, содержащих гальванически изолированные квантовые контакты. На каждой из исследованных структур обнаружен эффект увлечения электронов в одном из контактов током, пропущенным через другой контакт. Показано, что в магнитном поле направление тока увлечения контролируется не только током в возбуждающем контакте, но и направлением магнитного поля. Дано объяснение обнаруженному эффекту в терминах электрон-фононного увлечения при наличии скачущих электронных орбит на границах двумерного электронного газа.

РАН, Программа ОФИ РАН «Сильно коррелированные электроны в твердых телах и структурах», Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель: д.ф.м.н., проф. Долгополов В.Т.

48. Исследован эффект биений осцилляций Шубникова – де Гааза в двумерных дырочных каналах кремниевых полевых транзисторов и гетероструктур InGaAs/GaAs. Эффект биения в дырочных каналах гетероструктур InGaAs/GaAs обнаружен впервые. Показано, что эффект обусловлен снятием спинового вырождения за счет спин-орбитального взаимодействия вследствие отсутствия центра инверсии в каналах. На основании исследований зависимости картины осцилляций от компоненты магнитного поля, параллельной каналу, показано, что в обоих случаях двумерная дырочная система образована тяжелыми дырками. В кремниевых полевых транзисторах исчезновение симметрии инверсии связано с асимметрией потенциальной ямы около поверхности кристалла, в которой образуется двумерная система. Для дырочных каналов в кремниевых полевых транзисторах при исследовании сдвига узла биений, обусловленного параллельной компонентой магнитного поля, обнаружена кристаллическая анизотропия этого эффекта.

РАН, Программа ОФН РАН «Спинтроника»

Руководитель – д.ф.-м.н. С.И. Дорожкин

49. Спиновые эффекты в транспортных и интерференционных низкотемпературных свойствах двумерных электронных систем.

В экспериментах 2010 года на образцах широкого диапазона качества (подвижности) экспериментально изучены энергетические щели в несжимаемой полоске с локальным фактором заполнения, равным единице, на краю электронной системы, находящейся в состоянии целочисленного квантового эффекта Холла. Обнаружено значительное увеличение энергетической щели по сравнению с одночастичным Зеемановским расщеплением. Подобное увеличение энергетической щели хорошо известно для объема двумерной электронной системы, в которой уровень Ферми расположен в середине между первым и вторым квантовыми уровнями. Наши измерения отличаются от общеизвестных тем, что в объеме фактор заполнения равен двум и реализуется циклотронная щель, а полученная информация относится к узкой полоске краевого канала. Относительно энергетической щели в этом случае имеются весьма противоречивые предсказания. Часть измерений выполнена в наклонном магнитном поле. Обнаружено увеличение щели подвижности с увеличением параллельной интерфейсу компоненты магнитного поля.

РАН, Программа ОФИ РАН «Спиновые явления в твердотельных наноструктурах и спинтроника»

Руководитель д.ф.м.н., проф. Долгополов В.Т.

50. Проведены исследования электронной структуры тетрапиридилпорфиринов при взаимодействии с палладием и платиной в условиях СВВ. Показано, что в вакууме реализуется, в том числе, и механизм прямого металлизирования. Проводятся исследования электронной структуры и сенсорных свойств перспективных металлопорфиринов РЗМ (на основе иттербия).

Впервые при помощи СТМ исследованы вращательные фазовые переходы в тонких пленках  $C_{60}$  на поверхности оксида вольфрама. Показано, что вблизи структурного вращательного фазового перехода вращение молекул  $C_{60}$  осуществляется перескоками молекул между дискретными состояниями. Определены характерные энергии состояний и высота потенциального барьера между ними.

РАН, Программа ОФН РАН «Физика новых материалов и структур»,  
«Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов»

Руководитель – д.ф.м.-н. А.М.Ионов

51. С помощью сканирующей туннельной микроскопии изучены механизмы роста и атомная структура ультратонких покрытий свинца и гадолиния на vicинальных поверхностях кремния Si(hhm). Показано, что на начальной стадии формирования интерфейса ( $\Theta < 0.2ML$ ) в системах Gd/Si(557) и Gd/Si(556) образуются одномерные структуры (цепочки атомов гадолиния и кремния), ориентированные вдоль ребер ступеней, а в интервале покрытий 2-10 монослоев формируются планарные силициды, разделенные тройными ступенями. 1D и 2D структуры Gd-Si, разделенные ступенями, представляют интерес для дальнейших исследований магнитных и транспортных свойств и электронной структуры методами фотоэлектронной спектроскопии. В рамках теории функционала плотности проведены расчеты энергии слоев свинца различной толщины, а также энергии образования двойниковых границ, позволяющие объяснить расслаивание 3D островков Pb на поверхности Si(557). Проведенные расчеты позволяют предположить, что расслаивание островков свинца связано с минимизацией энергии электронной системы, а положение двойниковых границ в островках определяется наиболее энергетически выгодной толщиной слоя в 7 монослоев.

РАН, Программы ОФН РАН «Квантовая физика конденсированных сред», «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов»

Руководитель – д.ф.-м.н. проф. Молотков С.Н.

52. Исследован процесс синтеза монодисперсных частиц диоксида кремния с размерами  $< 100$  нм с использованием аминокислоты L-аргинин в качестве катализатора гетерогенной реакции гидролиза тетраэтоксисилана. Установлены зависимости повышения массы диоксида кремния, получаемого в единицу времени в ходе реакции от гидродинамических условий проведения процесса, температуры и концентрации L-аргинин. Показано, что с ростом интенсивности перемешивания средний размер частиц уменьшается, а их однородность увеличивается. При концентрациях L-аргинина в диапазоне  $1 \div 2$  mM с ростом массы получаемого диоксида кремния происходит значительное увеличение размеров частиц в ходе синтеза, напротив, для диапазона концентраций L-аргинина  $6 \div 85$  mM размеры частиц меняются незначительно. Показано, что метод импульсного плазменного канала позволяет синтезировать нанокристаллы кремния размером  $10 - 35$  нм в среде непроводящей органической жидкости (гексан, циклогексан) при комнатной температуре.

РАН, Программа Президиума РАН «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов»

Руководитель – проф. д.т.н. Емельченко Г.А.

53. Измерены спектры комбинационного рассеяния света планарного ромбоэдрического полимера  $C_{60}$  (2D-R) после его отжига течение 0.5 часа при высокой температуре с целью изучения процесса деполимеризации. При температуре до  $\sim 503$  К спектр КР практически не меняется, однако в диапазоне  $513-553$  К уменьшается интенсивность пиков 2D-R полимера и появляются новые пики, связанные с тетрагональным (2D-T) и

орторомбическим (1D-O) полимерами, а также с мономером  $C_{60}$ . Частичное разрушение 2D-R полимера сопровождается возникновением смешанного промежуточного состояния с примесями 2D-T и 1D-O олигомеров, а также димера и мономера  $C_{60}$ . При температуре выше 533 К 2D-R полимер полностью разрушается до мономера  $C_{60}$  с небольшим включением примеси димера. Изучена кинетика процесса деполимеризации, измерена зависимость времени полного разрушения полимера от температуры и определена энергия активации, составляющая  $1.76 \pm 0.07$  eV/молекулу.

Выполнены измерения спектров КР гидрированных и фторированных одностенных углеродных нанотрубок при высокой температуре и изучена кинетика процесса удаления водорода и фтора при отжиге в атмосфере.

РАН,

Руководитель - д.ф.-м.н. Мелетов К. П.

### **Новые материалы и структуры**

54. Проведено численное моделирование зависимости характеристик ТОТЭ от соотношения объемов занимаемых анион проводящей фазой ( $10\text{mol}\% \text{Sc}_2\text{O}_3-1\text{mol}\% \text{CeO}_2-89\text{mol}\% \text{ZrO}_2$  (10Sc1CeSZ)) и электрон проводящей фазой (Ni), и от толщины композиционного анода. Показано, что максимальные мощностные характеристики ТОТЭ достигаются при создании двухслойных анодов с толщиной функционального слоя около 15-20 мкм.

Установлено, что формирование наноструктурированной границы ионный проводник (YSZ, 10Sc1CeSZ) – электронный проводник (Ni) в анодах ТОТЭ не только увеличивает поверхность реакции, но и существенно увеличивает каталитическую активность анодов.

Обнаружено существенное влияние состава окружающей атмосферы на проводимость керамических образцов сложных оксидов  $(\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25})_{0.97}\text{Ti}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_3$  с перовскитоподобной структурой. Показано,

что влияние состава атмосферы обусловлено большой скоростью кислородного обмена в этих образцах и обратимым изменением их стехиометрии при изменении состава атмосферы.

РАН, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред», Программа ОФН РАН «Физика новых материалов и структур», Программа Президиума РАН «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов»

Руководитель – д.ф.-м.н. С.И.Бредихин

55. Продолжено детальное исследование люминесцентных свойств и тонкой структуры дефектов в изготовленных в ИФТТ пленках карбида кремния. Обнаружено, что средний квантовый выход люминесценции максимальный для пленок выращенных в условиях избытка паров кремния. В этом случае структура пленок характеризуется большой плотностью поликристаллических зерен со средним размером около 100 микрон.

Детальное исследование пленок методами сканирующей электронной микроскопии, катодолюминесценции и фотолюминесценции показало, что источником интенсивной люминесценции являются плоские структурные дефекты внутри зерен. На основе сравнения результатов различных методик было установлено, что структурные дефекты являются дефектами упаковки. На основе рентгеновских измерений было показано, что дефекты упаковки являются, фактически, прослойками ромбоэдрической фазы в матрице гексагональной фазы 6H-SiC. Полученные данные позволяют предположить, что источником излучения являются квантовые ямы, образованные ромбоэдрическими прослойками в структуре 6H-SiC. Данные по катодолюминесценции, полученные в разных проекциях образца относительно направления электронного пучка, позволяют оценить верхнюю границу поперечного размера прослоек, которая составляет  $\leq 1000$  нм.

РАН, Программа Президиума РАН «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов»

Руководитель: д.ф-м.н. Э.А.Штейнман

56. Методом плавающей зоны с оптическим нагревом выращены кристаллы  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{1-x}\text{Y}_x\text{Cu}_2\text{O}_8$ . Установлено, что растворимость иттрия ограничена в данном конкретном случае составом  $\text{Y}_{0.2}$  на формульную единицу. Качество кристаллов  $\text{Y}_{0.2}$  выше, чем у нелегированного  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ , что вероятно связано с более высокой температурой плавления легированного иттрием соединения: 950 и 880°C, соответственно. As grown кристаллы  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{Cu}_2\text{O}_8$  имеют начало сверхпроводящего перехода при 60 К, однако  $\Delta T_c$  около 30 К. Ожидается, что отжиги в обеднённой кислородом атмосфере позволят получить образцы с  $T_c$  порядка 50 К и  $\Delta T_c = 5\text{К}$ . Проведены измерения резистивных свойств образцов, полученных распылением сплава Si-B методом ИПК в циклогексане и жидком аргоне. Показано, для образцов Si-B-C сопротивление имеет полупроводниковый характер и изменяется от 0.75 Ома до 1.1 Ома в интервале температур 300 – 4.2К. Для образца Si-B сопротивление практически не зависит от температуры.

РАН, Программа ОФН РАН «Физика новых материалов и структур»

Руководитель – проф. д.т.н. Емельченко Г.А.

57. Показано, что при прохождении потока рентгеновских квантов через слой нанокристаллических сцинтилляторов количество прошедших квантов возрастает по сравнению с количеством падающих. При этом наблюдается уменьшение средней энергии прошедших квантов и появление бесструктурного фона рентгеновской дифракции, свидетельствующее о некогерентности процесса образования вторичных рентгеновских квантов. Полученные результаты связываются с формированием вторичных рентгеновских фотонов тормозного и переходного излучений при столкновениях быстрых фотоэлектронов,

образованных при поглощении первичного рентгеновского потока, с границами наночастиц.

РАН

Руководитель – к.ф.-м.н. Н.В. Классен

58. Исследования высокопрочных волокон, в основном, предназначенных для применения их в жаропрочных композитах, в частности, с матрицей на основе никеля, в значительной мере были сосредоточены на эвтектических системах сложных оксидов  $Al_2O_3$ - $Y_3Al_5O_{12}$ - $ZrO_2$ ,  $Al_2O_3$ - $AlLaO_3$  и получаемых на основе оксидов устойчивых элементов семейства лантаноидов, как, например,  $Al_2O_3$ - $Er_3Al_5O_{12}$ . Такой выбор определялся результатами испытаний образцов из композитных материалов, в которых указанные волокна обеспечивают достаточно высокую прочность границы раздела волокно – матрица в отличие от волокон иных составов. Микро– и наноструктурные исследования зоны границы раздела таких композитов позволили определить элементы, обеспечивающие прочность границы. Зоны исследований включают как материалы волокон, так и примыкающей матрицы. Волокна изготавливались методом внутренней кристаллизации, причем, волокна некоторых составов на основе указанных выше оксидов лантаноидов были получены впервые. Установлены оптимальные – на данном этапе исследований – скорости кристаллизации волокон, определяемой методом – по скорости вытягивания молибденового каркаса с расплавом оксидов в холодную зону, и режимы термической обработки в неоднородном температурном поле. Оптимизация режимов для каждого эвтектического состава проводилась по результатам испытаний волокон на прочность при изгибе, в результате которых получены зависимости прочности от остаточной длины волокон при комнатной температуре. Для волокон различных составов скорость составила 1-6 мм/мин, например, для  $Al_2O_3$ - $AlLaO_3$  1.2 мм/мин, а прочность около 1000 МПа на остаточной длине 1мм. Изучение микроструктуры волокон показало, что структура большинства

рассмотренных волокон носит многоуровневый характер. Схематично, при низких скоростях кристаллизации характерный размер структуры в поперечном сечении волокон имеет величины порядка единиц микрон; при возрастании скорости кристаллизации идет измельчение структуры, принимающее нанометровые размеры, в том числе, с образованием колоний. Для некоторых систем, таких как  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}\text{-ZrO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-AlLaO}_3$ , эта схема проявляется достаточно четко с максимумом прочности от скорости кристаллизации, для других - менее определенно, что может служить предметом дальнейшего изучения. Интегральным итогом проведенных исследований является получение композитных образцов с уникальными характеристиками - с плотностью  $5.8 \text{ г/см}^3$  и высоким сопротивлением ползучести при температуре  $1150 \text{ }^\circ\text{C}$ .

РАН,

Руководитель – проф. д.т.н. С.Т. Милейко

59. Проведены рентгеноструктурные исследования сверхпроводящих (при температуре  $\sim 50 \text{ K}$ ) образцов, полученных на основе фосфора, кальция и кислорода методом ударно-волнового сжатия до давления  $65 \text{ ГПа}$ . Установлен состав и кристаллическая структура полученных образцов, а также область термической устойчивости сверхпроводящей фазы. С помощью процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) проведены термохимические реакции кристаллов фуллерена  $\text{C}_{60}$  с молибденом. Исследованы возможности интеркаляции монокристаллов фуллерена  $\text{C}_{60}$  указанным способом. Проведены рентгеноструктурные исследования, а также измерены температуры сверхпроводящих переходов полученных соединений.

РАН, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель – к. ф. м.-н. А.В. Пальниченко

60. Впервые установлено, что процесс сверхбыстрой передачи электронных возбуждений из поглощающих первичное рентгеновское излучение неорганических сцинтилляторов излучающим свет органическим люминофорам существенно зависит от энергии первичных рентгеновских фотонов. При энергиях фотонов, превышающих 100 Кэв, происходит эффективная передача возбуждений органическому люминофору за субнаносекундные времена с интенсивным и быстрым высвечиванием люминофора не зависимо от того, является или нет наночастица, поглотившая первичный рентгеновский квант, сама по себе сцинтиллятором. Если же энергия первичного рентгеновского фотона порядка 30 Кэв или ниже, эффективность передачи возбуждения органическому люминофору с последующим его высвечиванием в значительной степени зависит от сцинтилляционных свойств неорганической наночастицы: эффективное высвечивание органического люминофора происходит только в том случае, когда поглощающая первичный рентгеновский фотон наночастица сама по себе является эффективным сцинтиллятором. При этом наблюдается зависимость эффективности передачи от размера неорганических сцинтилляторов: при уменьшении их размеров до наномасштабов заметно возрастает доля быстрой (наносекундной) компоненты высвечивания с сохранением общего интеграла интенсивности свечения.

РАН. Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред».

Руководитель: д.ф.-м.н. Н.В. Классен

### **Квантовые макросистемы и квантовые методы телекоммуникации**

61. Проанализирован вид фазовой диаграммы квантового эффекта Холла. Показано, что утверждения о наблюдении переходов между диэлектрической фазой и фазами целочисленного квантового эффекта Холла с квантовыми значениями холловской проводимости  $\sigma_{xx} \geq 3e^2/h$ ,

сделанные в ряде работ, необоснованны. За критические точки фазовых переходов в этих работах принимаются точки пересечения зависимостей диагонального сопротивления  $\rho_{xx}$  от магнитного поля при различных температурах при  $\omega_c\tau=1$ . На самом деле эти точки пересечения обусловлены изменением знака производной  $d\rho_{xx}/dT$  в результате квантовых поправок к проводимости

Проведены экспериментальные исследования магнитотранспортных свойств нового органического проводника  $(\text{BETS})_2\text{Mn}(\text{dca})_3$  в магнитных полях до 17 Тл под давлением в новой камере типа цилиндр-поршень. Изучено влияние магнитного поля на переход металл-диэлектрик в поле до 17 Тл в кристаллах  $(\text{BETS})_2\text{Mn}(\text{dca})_3$ , а также воспроизведены результаты по наблюдению на этих образцах осцилляций Шубникова-де Гааза, полученные ранее с использованием методики газового давления.

Исследована спектральная плотность  $SI$  дробового шума в полевом транзисторе с длиной канала 500 нм при низких температурах. Эта система была выбрана благодаря возможности менять плотность электронов в канале в окрестности перехода металл-диэлектрик, что должно отразиться на величине фактора Фано  $F$ . При приложении отрицательного напряжения на затвор плотность электронов в канале падает, а сопротивление экспоненциально растет. В этих условиях вольт-амперные характеристики транзистора сильно нелинейны. Для работы в этом режиме был применен метод *in-situ* калибровки. Некоторые полученные зависимости  $SI(I)$  слабо нелинейны. В области больших токов наклон соответствует  $F=1/3$  и растет при уменьшении тока. Такое поведение можно качественно объяснить в модели проводимости, основанной на термоактивации электронов в область металлических состояний над уровнем Ферми.

РАН, Программа Президиума РАН "Физика конденсированных сред",  
Программа ОФН РАН "Сильно коррелированные электроны в полупроводниках, металлах, сверхпроводниках и магнитных материалах

Руководитель – член-корреспондент РАН В.Ф.Гантмахер

62. Проведены магнитотранспортные исследования новых органических проводников семейства парамагнитных металлов и сверхпроводников на основе солей BEDT-TTF в диапазоне температур от комнатной до 0.4 К и в магнитных полях до 17 Тл. На металлических кристаллах наблюдались осцилляции Шубникова-де Газа, из периода которых получены сечения поверхности Ферми, хорошо согласующиеся с результатами теоретических расчетов энергетического спектра.

В интервале температур  $0.5 < T < 100$  К выполнены измерения действительной и мнимой частей микроволнового поверхностного импеданса  $Z_{ac}(T) = R_{ac}(T) + iX_{ac}(T)$  проводящих ас-слоев кристаллов  $k-(BEDT-TTF)_2Cu[N(CN)_2]Br$ , которые демонстрируют ряд особенностей: (i) в сверхпроводящем состоянии при  $T \ll T_c \approx 11.5$  К близкий к линейному температурный ход глубины проникновения поля  $\Delta\lambda_{ac}(T) \propto \Delta X_{ac}(T)$ ; (ii) совпадение кривых  $R_{ac}(T) = X_{ac}(T)$  при  $T_c < T < 40$  К; (iii) при  $T > 40$  К значительное превышение  $X_{ac}(T) > R_{ac}(T)$  и немонотонный ход  $R_{ac}(T)$  в тонких кристаллах. Эти особенности импеданса  $Z_{ac}(T)$  с увеличением  $T$  интерпретируются в терминах: (i) d-типа симметрии сверхпроводящего параметра порядка; (ii) нормального скин-эффекта; (iii) формирования волны спиновой плотности и проявлений размерного .

РАН, Программа Президиума РАН "Физика конденсированных сред",  
Программа ОФН РАН "Сильно коррелированные электроны в полупроводниках, металлах, сверхпроводниках и магнитных материалах",  
Руководитель – д.ф.-м.н. М.Р.Трунин

63. Развита микроскопический подход, позволяющий описать отклонения от фраунгоферовской формы ульмодуляции критического тока магнитным полем в джозефсоновских контактах с ангармоническим соотношением ток-фаза. Изучено взаимодействие триплетных сверхпроводящих корреляций и спин-зависящего распределения квазичастиц для

джозефсоновского тока в контакте двух синглетных сверхпроводников через слабые связи, содержащие различные ферромагнитные элементы. Показано, что если распределение квазичастиц в прослойке зависит от спина, то в джозефсоновском токе появляется дополнительный вклад, который обеспечивается наличием нечетной по мацубаровской частоте триплетной компоненты конденсатной волновой функции электронов в прослойке. Изучены характерные особенности этого вклада.

РАН,

Руководитель – к.ф.-м.н. Ю.С. Бараш

64. Проведены исследования капиллярной турбулентности на поверхности жидкого водорода и гелия. Волны возбуждались внешней накачкой двух типов: монохроматической силой и шумом. Из экспериментальных данных вычислены структурные функции вплоть до шестого порядка. Оказалось, что структурные функции могут быть описаны степенными зависимостями в пределе малых времён. Показатель степенной зависимости может быть аппроксимирован линейной функцией номера структурной функции  $p(n)=A*n$ . Коэффициент пропорциональности  $A$  разный для разных типов накачки:  $\approx 0.6$  для монохроматического и  $\approx 0.9$  для шумового возбуждения.

РАН, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель: д.ф.-м.н. Левченко А. А.

65. Отлажена установка и проведены первые эксперименты по изучению прохождения ИК излучения через образцы водяного геля в сверхтекучем гелии. В резонаторе волн второго звука, заполненном сверхтекучим гелием, проведены эксперименты по изучению прохождения волн второго звука через образцы водяного геля. Обнаружено, что при введении геля в объём резонатора добротность системы заметно уменьшается, а резонансная частота сдвигается в сторону низких частот. Продолжена

обработка данных, полученных при изучении малоуглового рассеяния пучка холодных нейтронов на гелях дейтерия и тяжелой воды, а также модельные расчеты процессов образования примесных нанокластеров в холодном гелиевом паре над поверхностью сверхтекучей жидкости.

РАН, Программа ОФН РАН «Физика новых материалов и структур»

Руководитель: проф. д.ф.-м.н. Межов-Деглин Л. П.

66. Разработана методика изготовления джозефсоновских переходов сверхпроводник/ферромагнетик/сверхпроводник Nb-CuNi-Nb, обладающих большой критической плотностью тока (свыше  $10 \text{ кА/см}^2$ ) в состоянии с инверсией фазы. Изготовлены и исследованы самофрустрированные джозефсоновские структуры с инверторами сверхпроводящей фазы. Показано, что включение инвертора фазы вместо сверхпроводящей петли с большой индуктивностью, необходимой для хранения кванта магнитного потока, позволяет реализовывать переключающие джозефсоновские устройства с малыми геометрическими размерами. Реализован джозефсоновский делитель частоты, использующий джозефсоновский переход сверхпроводник/ферромагнетик/сверхпроводник в качестве инвертора сверхпроводящей фазы.

Исследованы планарные гибридные структуры сверхпроводник/полупроводниковая нанопроволока / сверхпроводник на основе InN-нанопроволок и ниобиевых электродов. InN-нанопроволоки изготовлены методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Изучены вольт-амперные характеристики (ВАХ) структур Nb/InN-нанопроволока/Nb в поперечном магнитном поле при различных температурах. Показано, что при понижении температуры вольт-амперные характеристики структур становятся гистерезисными. Обнаружен джозефсоновский сверхток в исследуемых структурах. Установлено, что критический ток монотонно убывает с увеличением магнитного поля. В резистивной части вольт-амперных характеристик наблюдаются особенности, связанные с

эффектом многократного андреевского отражения. Проведены детальные исследования дифференциальных вольт-амперных характеристик структур Nb/InN-нанопроволока/Nb. Обнаружены осцилляции дифференциальной проводимости в магнитном поле при напряжениях смещения, соответствующих энергиям меньше величины сверхпроводящей щели в сверхпроводнике.

РАН, Программа ОФН РАН «Сильно коррелированные электроны в полупроводниках, металлах, сверхпроводниках и магнитных материалах»

Руководитель – проф. д.ф.-м.н. В.В. Рязанов

67. Сделан криптоанализ нового квантового протокола распределения ключей с фазово-временным кодированием. Найдена величина критической ошибки, до которой гарантируется секретность ключей. Особенностью данного протокола является то, что критическая ошибка зависит от наблюдаемой величины отсчетов в контрольном временном слоте. При отсутствии отсчетов в контрольном временном слоте протокол гарантирует секретность ключей вплоть до 50% процентов ошибок в первичных ключах. В данном протоколе, в определенном смысле, удалось частично "развязать" ошибки, связанные с неидеальностью самой системы, в частности, с разбалансировкой оптоволоконных интерферометров и действиями подслушивателя. В отсутствие подслушивателя отсчеты в контрольном временном слоте не связаны с разбалансировкой интерферометра, что снижает требования к его стабильности. Протокол квантового распределения ключей с неортогональными состояниями внутри базиса является обобщением известного протокола распределения ключей BB84. Впервые при произвольных значениях угла между информационными состояниями найдена критическая ошибка и длина секретного ключа для протокола с неортогональными базисными состояниями. Построена явная оптимальная атака на передаваемый ключ, которая максимизирует информацию подслушивателя при наблюдаемой на приемной стороне

ошибке. Проанализирована криптографическая стойкость квантового протокола распределения ключей с фазово-временным кодированием для случая не строго однофотонного источника и канала связи с потерями. Показано, что при больших длинах линии связи, информация подслушателя о ключе определится лишь энтропией фон Неймана источника на передающей стороне, а критическая длина линии связи определяется в основном темновыми отсчетами фотодетекторов. Найдена верхняя граница длины квантового канала связи, на которую можно передавать ключи в методе с имитирующими квантовыми состояниями (decoy state).

РАН,

Руководитель – проф. д.ф.-м.н. С.Н. Молотков

### **Новые экспериментальные методы изучения и диагностики твердых тел и твердотельных нано- и мезо-структур**

68. Исследованы эффекты взаимодействия в системе «монокристаллический зонд сканирующего туннельного микроскопа W[001] – поверхность графита» и роль орбитальной структуры острия в формировании СТМ-изображений с атомным и субатомным разрешением. С помощью прямой визуализации структуры электронных орбиталей атома вольфрама орбиталями атомов углерода экспериментально продемонстрированы возможности контролируемого выбора орбиталей иглы, отвечающих за формирование СТМ-изображений поверхности. Впервые в экспериментах СТМ получено латеральное разрешение лучше 1 Å. С помощью теоретических расчетов в рамках теории функционала плотности (DFT) дано качественное объяснение наблюдаемых эффектов взаимодействия. Возможность контролируемого выбора электронной орбитали иглы важна для дальнейшего улучшения пространственного разрешения метода и контролируемого химического анализа поверхности на атомном уровне.

РАН, программа ОФН РАН, «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов»

Руководитель – к.ф.-м.н. Чайка А.Н.

### **Новые технологии твердотельных материалов и структур**

69. Разработана методика выращивания сцинтилляционных монокристаллов селенотеллурида цинка (световыход рентгенолюминесценции 25000 фотон/МэВ, что эквивалентно 60 % от световыхода стандартного сцинтиллятора  $Gd_2O_2S:Pr$ ). Предложен способ получения нанопорошков  $ZnSe:Te$  заданного состава химическим осаждением из паровой фазы. Получены образцы порошков (5-10 нм и 10-15 нм)  $ZnSe_{1-x}Te_x$  ( $x=0,0025$ ,  $x=0,005$ ,  $x=0,025$ ). Исследована фотолюминесценция нанопорошков при оптическом (УФ) возбуждении. Изучен фазовый состав материала и показано, что порошки “as grown” содержат преимущественно высокотемпературную гексагональную фазу со структурой вюрцита, в объемных кристаллах устойчивую только при температурах выше  $1420^\circ C$ . Также обнаружено, что переход в стабильную при обычных условиях кубическую фазу со структурой сфалерита не завершается ни самопроизвольно, ни в ходе холодного прессования нанопорошков для получения керамик. Разработана лабораторная методика изготовления высокоплотных керамик  $ZnSe_{1-x}Te_x$  холодным прессованием (RT, 500-600 МПа) нанопорошков с последующим отжигом при  $600-700^\circ C$  в инертной атмосфере. Найдены условия получения, при которых керамики имеют однородный фазовый состав, а именно, кубическую структуру, что существенно с точки зрения практического применения  $ZnSe:Te$ , так как материал в этом случае является оптически изотропным. Исследована фотолюминесценция керамик при УФ возбуждении и показано, что интенсивность ФЛ керамик примерно в 1,5 раза выше, чем у кристаллов  $ZnSe:Te$  соответствующего состава, но несколько ниже, чем у нанопорошка. Исследована текстура

керамик из ZnSe:Te, проведены измерения микротвердости кристаллического и керамического селенотеллурида цинка.

Разработан широкополосный термочувствительный нейтральный светофильтр [Патент РФ на изобретение № 2402050], работающий в диапазоне длин волн 0,65 – 18 мкм. Рабочим элементом фильтра является структура из чередующихся слоев монокристаллического моноселенида галлия GaSe и наночастиц галлия. Светопропускание фильтра можно изменять (регулировать) при изменении температуры теплоносителя в оправке рабочего элемента, представляющей собой теплообменник. Предполагаемая область применения – лазерные системы, предназначенные для облучения объектов, не допускающих перегрева выше определенных температур, например, лазерные хирургические устройства.

РАН, Программа ОФН РАН «Новые материалы и структуры».

Руководитель – к.т.н Н.Н. Колесников

70. На основе сапфировых игловых капилляров разработаны системы доставки лазерной энергии непосредственно в объем опухоли. Сапфировые иглы позволяют существенно увеличить объем облучения, выровнять температуру по всему объему облучателя без зон перегрева (очагов образования тромбов), упростить конструкцию за счет исключения системы охлаждения устройства. Возможность формирования различной геометрии торца иглы и очень малого радиуса закругления сапфирового острия позволяет реализовать различные, в том числе несимметричные относительно оси устройства, диаграммы направленности излучения для различных типов ткани с целью формирования необходимых зон разрушения биоткани. Разработанные системы с обратной связью позволяют с высокой точностью поддерживать установленные пороговые значения температуры в опухоли в зависимости от типа воздействия (фотодинамическая терапия, гипертермия, коагуляция).

РАН,

Руководитель: д.т.н. Курлов В.Н.

71. Совместно с ФГУП ЭЗАН создана автоматизированная установка для выращивания кристаллов оксидов методом Чохральского. Выращена партия монокристаллов сапфира диаметром 40 мм при различном давлении аргона в ростовой камере. Из выращенных кристаллов изготовлены тестовые подложки толщиной 1,5-2 мм. Установлено, что плотность дислокаций, определяемая по количеству ямок травления на единицу площади поверхности, соответствует требованиям к этому параметру для подложек для опто-электроники. Обнаружено, что кристаллы содержат включения материала тигля (молибдена) в количестве не позволяющем их использования для производства подложек. Проводится исследование, направленное на снижение концентрации таких включений.

РАН

Руководитель – к.ф-м.н. Бородин А. В.

72. Изучено влияние тепловых условий, создаваемых с помощью активных нагревателей и радиационных экранов на термоупругие напряжения в крупногабаритной сапфировой пластине. Установлено, что наиболее эффективным методом управления распределением температуры и величиной термических напряжений в кристалле является изменение положения плоских радиационных экранов относительно боковых поверхностей пластины. Исследовано поведение напряжений в зависимости от соотношения высоты пластины и радиационных экранов, расстояния между ними. Для диапазона вариации рассматриваемых параметров определен минимум термоупругих напряжений в крупногабаритной пластине.

РАН

Руководитель – к.ф-м.н. Бородин А. В.

73. Разработаны способы получения образцов карбидокремниевой керамики сложной формы (трубы диаметром до 100 мм, тигли, сопла, полусферы). Для оптимизации состава реакционно-связанной карбидокремниевой керамики применялось «сухое» смешивание. При получении исходной композиции использовали высокоэнергонагруженный измельчитель, позволяющий одновременно проводить несколько процессов, включая измельчение исходного карбида кремния и графита, механохимическую активацию поверхности твёрдых компонентов, а также их смешивание с фенолформальдегидной смолой.

Предлагаемый способ позволяет управлять свойствами, структурой керамики и оптимизировать технологический процесс применительно к требованиям, предъявляемым условиями эксплуатации изделия. Технология позволит получать композиционную керамику с различным содержанием SiC (вплоть до 100%).

РАН, Программа ОФН РАН «Физика новых материалов и структур»

Руководитель: к.ф.-м.н. Курлов В.Н.

74. Проведено исследование влияния примесей в углеродных материалах, контактирующих с расплавленным кремнием методом поэлементного анализа. Обнаружено значительное содержание (до 40 ppm) железа в импортном графите G-347, а также в углеродной фольге. В результате проведенных мероприятий обеспечено устойчивое получение слоев кремния дырочного типа проводимости с удовлетворительным значением удельного электрического сопротивления (0.3 ohm cm).

РАН, Программа ОФН РАН «Физика новых материалов и структур»

Руководитель – д.т.н. Брантов С.К.

75. Установлено и налажено оборудование для электронной литографии и сканирующей зондовой микроскопии. С использованием электронной литографии отработаны методики получения планарных

джозефсоновских переходов, потенциальных контактов к квази-одномерным металлическим проволокам с шириной до 100 нм, металлических мостиков микронного размера с опорами на концах.

РАН,

Руководитель – д.ф.-м.н. С.И. Дорожкин

**Научные и научно-технологические исследования и разработки,  
финансируемые за счет внебюджетных источников**

76. Разработана и изготовлена аппаратура для активного оптического зондирования волоконно-оптических линий квантовой связи. Работа успешно прошла госприемку.

Госконтракт

Руководитель – проф. д.ф.-м.н. С.Н.Молотков

77. Проведённые экспериментальные исследования капиллярной турбулентности на поверхности жидкого водорода показали, что в развитом турбулентном каскаде капиллярных волн, возбуждаемом шумом в полосе конечной ширины, распределение вероятности отклонения поверхности жидкости от равновесия близко к функции Гаусса, и осцилляции на разных частотах являются случайными и независимыми.

При возбуждении поверхности гармонической низкочастотной силой достаточной для формирования турбулентного каскада стохастизация в каскаде капиллярных волн на поверхности жидкого водорода возникает после нескольких процессов распада возбуждающей волны. Увеличение числа возбуждённых мод при включении дополнительной гармонической накачки снижает частоту при которой наблюдается стохастизация волн в каскаде.

Экспериментально определено спектральное распределение волн в диссипативной области для капиллярной турбулентности на поверхности

жидкого водорода, и установлена его зависимость от уровня внешней накачки.

Договор с ИТФ РАН № 02.740.11.0452/849-09

Руководитель: к.ф.-м.н. Бражников М. Ю.

78 Разработаны принципы управления выращиванием сапфировых волокон в автоматическом режиме с использованием датчика веса кристалла. Выращены сапфировые однородно-ориентированные волокна с диаметром не более 250 мкм длиной до 1 м. Рентгеноструктурные методы анализа и наблюдения волокна в поляризованном свете показывают, что волокна монокристалличны, причем ориентация, задаваемая затравочным кристаллом, сохраняется на всей длине выращиваемого волокна. Успешно проведены эксперименты по выращиванию сапфировых волокон в групповом режиме (до 6 волокон за процесс). Разработан проект технологической инструкции (ТИ) на изготовление монокристаллического волокна на основе оксида алюминия диаметром не более 250 мкм (экспериментальная партия). Полученные результаты в процессе проведения первого этапа работы являются базой для дальнейших исследований с целью уменьшения диаметра, оптимизации геометрии поперечного сечения и повышения качества выращиваемых волокон. Результаты работы могут быть использованы при разработке новых жаропрочных материалов для температур выше 1100°С на основе композитов с металлической или интерметаллидной матрицы, армированной монокристаллическим сапфировым волокном. Полученные результаты являются новыми и перспективными с точки зрения возможности разработки собственной технологии выращивания монокристаллических оксидных волокон и разработки новых материалов на их основе. Поставленные в ТЗ задачи для данного этапа выполнены в полном объеме.

х/д 823-09 (ФГУП «ВИАМ»)

Руководитель – д.т.н. В.Н.Курлов

79. Проведены электронно-микроскопические и рентгено-спектральные исследования зеренной структуры, морфологии и локального распределения химического состава образцов карбидокремниевой керамики, предоставленной ООО «НПК «Герметика». Измерены пределы прочности предоставленного материала при сжимающих и растягивающих напряжениях. Проведены фрактографические исследования морфологии и локального распределения химического состава поверхностей разрушения. Выполнены склерометрические исследования полированных поверхностей представленных образцов посредством нанесения царапин алмазной иглой при контролируемом нагружении и электронно-микроскопического наблюдения морфологии и локального распределения состава непосредственно царапин и их ближайших окрестностей. На основе полученных экспериментальных данных предложена математическая модель, иллюстрирующая возможность лавинообразного разрушения образцов из керамики подобного типа при фрикционных воздействиях посредством выкалывания слабо связанных твердых включений, экспоненциального размножения количества выколотых включений, резкого возрастания энерговыделения на трение и соответствующих термоупругих напряжений. Предложены дополнительные модельные исследования по локальным изменениям морфологии и температуры трущихся поверхностей для выработки адекватного прогноза поведения в реальных эксплуатационных условиях узлов трения, изготовленных из предоставленной для изучения карбидокремниевой керамики.

х/д № 848-09 (ООО «НПК «Герметика»)

Руководитель – д.т.н. В.Н.Курлов

80. На основе реализованных ранее сверхпроводниковых фазовых инверторов (джозефсоновских S/F/S  $\pi$ -контактов – тонкопленочных переходов сверхпроводник/ферромагнетик/сверхпроводник)

изготовлены и исследованы структуры сверхпроводящей цифровой и квантовой логики, демонстрирующие улучшенные рабочие характеристики:  $\pi$ -SFQ-триггер (делитель частоты) и сверхпроводящий фазовый кубит с  $\pi$ -контактом. Использование  $\pi$ -контакта в качестве внутреннего источника смещения обеспечило полную симметричность схемы по отношению к заданию питающих токов и высокую стабильность. Кроме того, использование новых рабочих режимов сняло возникавшие ранее ограничения на размер базовых логических ячеек.

Госконтракт 02.740.11.5017

Руководитель – проф. д.ф.-м.н. В.В.Рязанов

81. На частотах 9.42 ГГц и 28.2 ГГц проведены измерения температурных зависимостей компонент поверхностного импеданса сверхпроводящих монокристаллов  $Ba_{0.7}K_{0.3}Fe_2As_2$  с критической температурой  $T_c=38$  К. В температурном интервале  $T_c < T < 100$  К в проводящих Fe-As плоскостях наблюдается нормальный скин-эффект: действительная (поверхностное сопротивление) и мнимая (реактанс) части поверхностного импеданса равны,  $R(T)=X(T)$ . При  $T > 100$  К реактанс  $X(T)$  становится меньше  $R(T)$ , что связано с тепловым расширением кристаллов. Температурные зависимости удельного сопротивления образцов  $Ba_{0.7}K_{0.3}Fe_2As_2$ , найденные из кривых  $R(T)$  при  $T > T_c$  и из четырехконтактных измерений на постоянном токе, демонстрируют заметные отличия от закона Блоха-Грюнайзена, а именно, тенденцию к насыщению сопротивления при высоких температурах. Наблюдаемое поведение объясняется в рамках двухзонной модели Элиашберга, когда первая зона является сильно связанной и достаточно чистой, в то время как вторая – слабосвязанной со значительным примесным.

ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России»

Госконтракты № 02.740.11.5066, № 02.740.11.0216

Руководитель – д.ф.-м.н. М.Р.Трунин

82. Исследованы статистическое распределение по размерам, а также распределения по ориентациям (текстуры) упрочняющих наночастиц в кобальтовой связке твёрдых сплавов на основе карбида вольфрама с помощью дифракции рентгеновских лучей и ПЭМ. Исследованы механические свойства твёрдых сплавов на основе карбида вольфрама с упрочняющими наночастицами в кобальтовой связке. Разработана программа внедрения результатов данных НИР в образовательный процесс. Проведён научный семинар по тематике «Изменение фазового состава сплавов на основе кобальта при интенсивной пластической деформации». Проведено сравнение режущих свойств твердосплавных резцов, изготовленных из обычных твердых сплавов и твёрдых сплавов на основе карбида вольфрама с упрочняющими наночастицами в кобальтовой связке. Создана методика производства микро-наноструктурированных твердых сплавов.

Госконтракт 02.740.11.5081

Руководитель – д.ф.-м.н. Б.Б.Страумал.

83. Методами рентгенографии, просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии и рентгеновского микроанализа исследована структура порошковых образцов сплавов типа SAC-1 системы Al-Si-Ni и разрабатываемых в их развитие алюмо-матричных композиционных материалов на основе системы Al-Si, относящихся к разряду материалов с пониженным уровнем термического коэффициента линейного расширения (ТКЛР). Установлен фазовый состав порошковых образцов. Определено, что помимо основных фаз Al и Si, в образцах присутствуют следующие фазы:  $Al_3Ni$ ,  $(AlSi)_7Ni_3$ ,  $\delta-NiAl_{26}O_{40}$ . Определено соотношение фаз в образцах. Доля всех фаз кроме основных не превышает нескольких процентов. Исследована структура компактных образцов до и после

деформационного старения. Обнаружено, что структура образцов до и после деформации имеет явные отличия:

1. Деформированные образцы содержат мелкие зерна и поры более равновесной формы.

2. Средний размер мелких зерен в деформированных образцах больше.

В соответствии с проведенными оценками, количество зерен размером менее 150 нм в исходном образце примерно на 20% больше, чем в деформированном. Определено, что структурные изменения во время деформационного старения заключаются в том, что при деформации происходят процессы, приводящие к укрупнению мелких зерен и к изменению формы наиболее дисперсных структурных составляющих (в том числе и пор). Полученные данные позволяют сделать заключение о механизме деформационного старения. Основная его причина связана с изменением в процессе длительной выдержки при повышенных температурах структуры, приводящих к укрупнению структурных составляющих, в том числе и пор. Таким образом, задачи Договора выполнены в полном объеме: проведена идентификация фаз в порошковых образцах и исследованы особенности структуры компактных образцов, связанные с деформационным старением

Хоз. Договор 868-10-818/0105-10 (ОАО «Композит»)

Руководитель – проф. д.ф.-м.н. А.С.Аронин

84. Систематизированы механизмы квантовых фазовых переходов «сверхпроводник–изолятор» и сделан анализ существующих представлений о роли парных корреляций электронов в этих процессах.

ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России»

Госконтракт № 02.740.11.0216, Научная школа НШ-3173.2010.2.

Руководитель – член-корреспондент РАН В.Ф.Гантмахер

85. Усовершенствована литографическая методика изготовления GaAs/AlGaAs-наноструктур для детекторов. Для этого создан особый

дизайн масок для фотолитографии, усовершенствованы процессы нанесения и проявления фоторезиста на поверхности гетероструктуры. Опробованы различные процедуры формирования омических контактов к двумерному электронному газу. Помимо этого, исследовано влияние адгезивного материала, напыляемого перед нанесением основного золотого покрытия затворов, на устойчивость получаемой пленки. Дополнительно осуществлен переход от проволоки диаметром 40 мкм, используемой для образования проводящих соединений с наноструктурой, на проволоку диаметром 25 мкм.

Выведена математическая модель эффективности умножения частоты электромагнитного излучения в плазменном механизме нелинейного преобразования СВЧ. Исследована эффективность умножения в зависимости от температуры, магнитного поля, частоты гига-терагерцового излучения и концентрации электронов в приборе, определены рабочие характеристики разработанного и оптимизированного умножителя частоты на плазмонном механизме.

Проведено сравнительное изучение различных геометрий детектирующих элементов, работающих в режиме циклотронного резонанса и его гармоник, и показано, что наиболее эффективной является геометрия, использующая для снятия фото-ЭДС и фототока внутренний и внешний контакты к двумерной электронной системе. В режиме состояний с малой диссипацией обнаружены спонтанные переключения сигналов фото-ЭДС между двумя различными значениями, так что в зависимости от времени фото-ЭДС имеет форму телеграфного шума. Установлено, что переключения могут происходить синхронно на серии контактов. Обнаруженный эффект реализуется в довольно узких диапазонах частоты излучения.

Разработан прецизионный метод измерения пространственной когерентности экситонного Бозе-конденсата на основе интерференционного сложения амплитуд люминесценции конденсата. Реализованный двулучевой интерферометр (типа микроинтерферометра

Майкельсона) позволяет измерять продольный и поперечный корреляторы первого порядка с высоким пространственным разрешением. Измерены продольная и поперечная когерентность Бозе конденсата диполярных экситонов в AlGaAs/GaAs гетероструктуре с одиночной квантовой ямой, величины которых составили 5.5 мм и 4 мкм, соответственно.

В образцах GaAs/AlGaAs наноструктур проведено исследование нелинейного гетеродинного плазмонного отклика двумерной электронной системы со встроенным дефектом на монохроматическое и бихроматическое микроволновое излучение. Продемонстрирована и исследована работа электронного устройства (гетеродина) на плазмонном отклике. Установлено, что время отклика системы составляет не более  $\tau = 25$  пс, что является рекордным быстродействием на данный момент. Показано, что нелинейный отклик системы обусловлен новым физическим механизмом нелинейности, вызванным наличием неоднородности в электронной системе.

Исследованы электролюминесцентные свойства диодов Шоттки на основе гетероструктур In(Ga)As/GaAs с ферромагнитными контактами с целью определения влияния параметров структур на эффективность электролюминесценции (ЭЛ) и спиновой инжекции и изучения механизмов инжекции спин-поляризованных носителей. Найдено, что максимальная степень циркулярной поляризации ЭЛ достигается в магнитных полях с частичным заполнением верхнего уровня Ландау. Максимальная инжекция спин-поляризованных дырок из контакта в КЯ получена в структурах с трехслойным контактом Au/Ni/Au с толщиной покровного слоя  $\sim 20$  нм, несколько меньшей длины свободного пробега дырок ( $\sim 45$  мкм в структурах с трехслойным контактом). Максимальная степень циркулярной поляризации излучения диода при  $T = 2$  К получена в поле 9 Тл и составляет  $\approx 45$  %.

С помощью время-разрешённой методики исследована релаксация экситонных поляритонов по энергии и спину в планарных GaAs

микрорезонаторах (МР) с мелкой зоной состояний нижнего поляритона (НП) при резонансном импульсном оптическом возбуждении экситонов с большим планарным волновым вектором. Найдено, что при высоких плотностях накачки поляризация поляритонов в  $k$ -пространстве сильно неоднородна. При возбуждении МР циркулярно-поляризованным светом, степень циркулярной поляризации поляритонов в макрозаполненном состоянии с  $k \approx 0$  достигает значения 0.9 несмотря на то, что в остальной области  $k$ -пространства поляритоны деполаризованы. Сделан вывод о том, что макрозаполнение дна НП зоны обеспечивается за счёт прямого процесса стимулированного параметрического рассеяния из возбуждаемых экситонных состояний с  $k_p \approx 4.8 \text{ мкм}^{-1}$ .

Госконтракт 02.740.11.0110

Руководитель – академик В.Б.Тимофеев

86. Разработана экспериментальная установка для исследования коэффициентов пропускания и отражения веществ в субмиллиметровом диапазоне длин волн. Экспериментальная установка (ЛОВ-спектрометр) содержит пять основных узлов: генераторную часть, систему регистрации, измерительный тракт, блок юстировки и термостатирования образцов, систему управления. Генераторная часть состоит из сменных ламп обратной волны (ЛОВ), магнитной системы с юстировочным устройством ЛОВ и блока питания ЛОВ. Система регистрации состоит из оптико-акустического приемника, установленного в квазиоптическом тракте, модулятора излучения на 25 Гц, усилителя с синхронным детектором, аналого-цифрового преобразователя и схемы выборки-хранения-сброса. Работа последней, так же как и управление блоком питания ЛОВ, синхронизирована с частотой модуляции. В измерительном тракте спектрометра монохроматическое излучение ЛОВ распространяется в свободном пространстве и с помощью линз коллимируется в пучок диаметром 10-20 мм; поляризаторами излучения и делителями пучка служат одномерные металлические проволочные

решетки с периодом, много меньшим длины волны используемого излучения. Установленные в тракте сменные аттенюаторы позволяют расширить динамический диапазон регистрируемого сигнала. Блок юстировки и термостатирования образцов состоит из массивного настраиваемого подогреваемого металлического держателя образца с системой автоматической регулировки (поддержания) температуры и оснащенного набором диафрагм с разными апертурами. Управление установкой полностью автоматизировано и осуществляется с компьютера через интерфейс USB.

Поставленные в ТЗ задачи для данного этапа выполнены в полном объеме. В том числе подготовлен литературный обзор по методикам исследования коэффициентов пропускания и отражения веществ в субмиллиметровом диапазоне длин волн, разработана экспериментальная установка для исследования коэффициентов пропускания и отражения веществ в субмиллиметровом диапазоне длин волн.

Хоз. Договор 809-09 (ООО «Терасенс девелопмент лабз.»)

Руководитель – член-корреспондент РАН И.В.Кукушкин

### **Основные результаты и разработки, доведенные в 2010 г. до готовности к практическому применению**

1. Разработана методика выращивания сцинтилляционных монокристаллов селенотеллурида цинка  $ZnSe_{1-x}Te_x$  ( $x=0,002 - 0,005$ ) диаметром до 50,8 мм, имеющих световыход рентгенолюминесценции 25000 фотон/МэВ, что эквивалентно 60 % от световыхода стандартного сцинтиллятора  $Gd_2O_2S:Pr$ .

Руководитель – ктн, доцент Н.Н. Колесников

## Научно-организационная деятельность ИФТТ РАН

В 2010 году Ученый совет ИФТТ РАН провел 22 заседания, на которых обсуждались следующие вопросы:

Утверждение планов работы Ученого совета

Научные доклады в связи с направлением работ в печать

Научные доклады по основным направлениям научной деятельности института

Обсуждение и утверждение плана научно-исследовательской работы института на 2011 год

Обсуждение и утверждение отчета по научно-исследовательской работе института за 2010 год

Обсуждение и утверждение отчетов по Программам Президиума РАН, Отделения физических наук РАН, по Программам Минобрнауки.

Обсуждение и утверждение результатов конкурса научно-исследовательских работ 2010 года

Отчет дирекции института по итогам 2009 года

Утверждение тем докторских и кандидатских диссертаций

Доклады по докторским и кандидатским диссертациям в связи с представлением к защите

Утверждение отзывов на диссертационные работы

Обсуждение результатов аттестации стажеров-исследователей и аспирантов

Проведение экспертизы готовности к защите докторских диссертаций.

Регулярно проводились заседания 10 семинаров по основным научным направлениям деятельности института.

В ИФТТ РАН работал один диссертационный совет – Д 002.100.01

Диссертационный совет – Д 002.100.01 утвержден при учреждении Российской академии наук Институт физики твердого тела РАН, г.Черноголовка, ул. Институтская, 2, приказом Высшей аттестационной

комиссии от 15 июня 2001 г. № 1573-в. Срок полномочий совета установлен на период действия Номенклатуры специальностей научных сотрудников.

Действующая номенклатура специальностей научных работников утверждена приказом Минобрнауки России от 25.02.2009 № 59. Диссертационный совет Д002.100.01 подтвержден приказом Рособнадзора от 14.10.2009 № 20599-2424.

Всего в 2010 году защищено 8 кандидатских диссертаций (все защитившиеся окончили аспирантуру ИФТТ РАН):

1. Бричкин Андрей Сергеевич. «Влияние  $sp-d$  обменного взаимодействия на экситонные состояния в полумагнитных полупроводниковых квантовых ямах и точках» (9 марта 2010 г.)
2. Ханнанов Максим Наилевич. «Микроволновая спектроскопия магнитоплазменных возбуждений в двумерных электронных и дырочных структурах» (9 марта 2010 г.)
3. Чехович Евгений Александрович. «Ядерные спиновые эффекты в полупроводниковых квантовых точках при оптических возбуждениях» (9 марта 2010 г.)
4. Фокин Денис Александрович. «СТМ/СТС исследования квантово-размерных эффектов в островковых пленках Pb на поверхностях Si» (27 апреля 2010 г.)
5. Муравьев Вячеслав Михайлович. «Интерференционные и поляритонные эффекты для плазменных возбуждений в двумерных электронных системах» (19 октября 2010 г.)
6. Вещунов Иван Сергеевич. «Структура магнитного потока в материалах со сверхпроводящим и магнитным упорядочением» (9 ноября 2010 г.)
7. Капустин Александр Альбертович. «Межэлектронное взаимодействие в транспортных свойствах двумерных систем на основе МОП-структур кремния и гетероструктур GaAs/AlGaAs» (9 ноября 2010 г.)
8. Абдурахимов Леонид Викторович. «Капиллярная турбулентность на поверхности нормального и сверхтекучего гелия-4» (9 ноября 2010 г.)

## Научно-образовательная деятельность ИФТТ РАН

ИФТТ РАН ведет активную работу в рамках интеграции РАН и высшего образования, а также с целью привлечения талантливой молодежи к научной работе и для подготовки молодых специалистов – кадров высшей категории в области физики твердого тела и физического материаловедения.

В ИФТТ РАН функционирует Научно-учебный центр, образованный из трех базовых кафедр:

1) две базовых кафедры МФТИ.

Ведущий ВУЗ - Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)», в отношении которого установлена категория «Национальный исследовательский университет».

1.1 Кафедра физики твердого тела. Кафедра организована в 1964 году, зав. кафедрой чл.-корр. РАН В.Ф. Гантмахер, количество привлеченных научных сотрудников – 19, количество студентов, проходящих обучение – 43, направление подготовки – 010600.

1.2. Кафедра «Физика и технология наноструктур». Кафедра организована в 2009 г., зав. кафедрой чл.-корр. РАН В.В. Лебедев, количество привлеченных научных сотрудников ИФТТ - 7, всего из разных институтов -20, количество студентов, проходящих обучение – 27, направление подготовки – 010600

2) Базовое физическое отделение физико-химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

Ведущий ВУЗ – Московский государственный университет, физическое отделение создано в 2006 году, зав. физическим отделением д.ф.-м.н. В.Д. Кулаковский, количество привлеченных научных сотрудников – 26, количество студентов, проходящих обучение – 51, направление подготовки – 010400 (физика).

Институт физики твердого тела РАН участвует в выполнении поисковых научно-исследовательских работ в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

При институте созданы и успешно функционируют шесть Научно-образовательных центров.

1. НОЦ «Водородная энергетика».

Руководитель – член-корреспондент РАН В.В.Кведер. НОЦ создан во исполнение решения Ученого совета ИФТТ РАН от 13 апреля 2009 года (протокол №7) и приказа по ИФТТ РАН от 22.04.2009 №46-1252. В составе НОЦ: 4 молодых кандидата наук (до 35 лет), 5 аспирантов и соискателей и 5 студентов.

2. НОЦ «Экситонная и плазмонная поляритоника в полупроводниковых наноструктурах: фундаментально-научные основы, технология и приложения в технике»

Руководитель – академик В.Б.Тимофеев. НОЦ создан во исполнение решения Ученого совета ИФТТ РАН от 13 апреля 2009 года (протокол №7) и приказа по ИФТТ РАН от 24.04.2009 №48-1252. В составе НОЦ: 8 молодых кандидатов наук (до 35 лет), 6 аспирантов и 12 студентов.

3. НОЦ «Исследование сильных корреляций в электронном газе в твердых телах»

Руководитель – член-корреспондент РАН В.Ф.Гантмахер. НОЦ создан во исполнение решения Ученого совета ИФТТ РАН от 13 апреля 2009 года (протокол №7) и приказа по ИФТТ РАН от 18.05.2009 №52-1252. В составе НОЦ: 5 молодых кандидатов наук (до 35 лет), 4 аспиранта и соискателя и 7 студентов.

4. НОЦ «Получение и исследование кристаллических материалов с особыми структурой и свойствами»

Руководитель – д.ф.-м.н. Б.Б.Страумал. НОЦ создан во исполнение решения Ученого совета ИФТТ РАН от 13 апреля 2009 года (протокол №7) и приказа по ИФТТ РАН от 18.05.2009 №49-1252. В составе НОЦ: 4 молодых кандидата наук (до 35 лет), 6 аспирантов и соискателей и 10 студентов.

#### 5. НОЦ «Металлические наноматериалы: получение, структура, свойства»

Руководитель – проф. А.С.Аронин. НОЦ создан во исполнение решения Ученого совета ИФТТ РАН от 15 февраля 2010 года (протокол №2) и приказа по ИФТТ РАН от 12.03.2010 №14-1252. В составе НОЦ: 3 молодых кандидата наук (до 35 лет), 3 аспиранта и 7 студентов.

#### 6. НОЦ «Жаропрочные материалы»

Руководитель – член-корреспондент РАН М.И.Карпов. НОЦ создан во исполнение решения Ученого совета ИФТТ РАН от 15 февраля 2010 года (протокол №2) и приказа по ИФТТ РАН от 12.03.2010 №15-1252. В составе НОЦ: 2 молодых кандидата наук (до 35 лет), 3 аспиранта и 3 студента.

В Институте успешно работает Совет молодых ученых. Председатель Совета молодых ученых и специалистов – Бражников Михаил Юрьевич, (1979 г. рождения) старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук.

### **Патентно-инновационная деятельность**

Институт ведет активную патентно-инновационную деятельность.

В 2010 году ИФТТ РАН получено 13 патентов РФ (9 патентов на изобретение и 3 патента на полезную модель), а также один зарубежный патент:

1. №2378750 «Ультрафиолетовый лазер на основе двумерного фотонного кристалла», авторы: Емельченко Г.А., Грузинцев А.Н., Масалов В.М., Баженов А.В., Волков В.Т., зарегистрирован 10.01.10

2. №2378200 «Способ получения наночастиц теллурида кадмия со структурой сфалерита», автор: Стыркас А.Д., зарегистрирован 10.01.10
3. №2379071 «Устройство для внутритканевого облучения биологической ткани лазерным излучением», авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Лощенов В.Б., Рябова А.В., Меерович Г.А., зарегистрирован 20.01.10
4. №2379228 «Способ заполнения углеродных нанотрубок углеродом», авторы: Колесников Н.Н., Кведер В.В., Борисенко Д.Н., зарегистрирован 20.01.10
5. №2382519 «Дисплейное устройство на основе фотонного кристалла», авторы: Карпов И.А., Емельченко Г.А., Масалов В.М., зарегистрирован 20.02.10
6. №2399581 «Способ получения наночастиц из газов и паров, существующих при комнатной температуре в виде газов или жидкостей», авторы: Ефимов В.Б., Межов-Деглин Л.П., зарегистрирован 20.09.10
7. №2401479 «Умножитель частоты на плазмонном механизме нелинейности», авторы: Кукушкин И.В., Муравьев В.М., зарегистрирован 10.10.10
8. №2402050 «Нейтральный светофильтр», Колесников Н.Н., Кведер В.В., Борисенко Д.Н., Борисенко Е.Б., зарегистрирован 20.10.10
9. №2402749 «Гетеродинный спектрометр электромагнитного излучения», авторы: Кукушкин И.В., Муравьев В.М., зарегистрирован 27.10.10
10. Патент Японии №4499334 «Жаростойкий материал «РЕФСИКОАТ» и высокотемпературные электронагреватели с его использованием», авторы: Гнесин Б.А., Гуржиянц П.А., зарегистрирован: 22.04.10
11. №92617 «Устройство для проведения внутритканевой лазерной гипертермии и фотодинамической терапии», авторы: Лощенов В.Б., Шикунова И.А., совместно ИОФ РАН, ФГУП «ГНЦ»НИОПИК», ЗАО «БИОСПЕК», зарегистрирован: 23.03.10

12. №95499 «Портативный криодеструктор», авторы: Межов-Деглин Л.П., Макова М.К., Казанцев Г.В., Лохов А.В., зарегистрирован: 10.07.10

13. №99317 «Погружной криоапликатор», авторы: Межов-Деглин Л.П., Макова М.К., Калмыков З.В., Лохов А.В., зарегистрирован: 20.11.10

Подано 36 новых заявок на получение патентов РФ на изобретения:

1. №2010104572 «Устройство для выращивания тонких слоев кремния на углеродной фольге», автор: Брантов С.К., приоритет 9.02.10

2. №2010104573 «Способ получения нанопорошка селенотеллурида цинка», авторы: Колесников Н.Н., Кведер В.В., Гартман В.К., Орлов В.И., Борисенко Д.Н., Борисенко Е.Б., Тимонина А.В., приоритет 9.02.10

3. №2010109479 «Способ пиролитического выращивания нанокристаллических слоев графита», автор: Брантов С.К., приоритет 12.03.10

4. №2010112620 «Иглы для сканирующей туннельной микроскопии из монокристаллического вольфрама и способ их получения», авторы: Чайка А.Н., Глебовский В.Г., Семенов В.Н., Божко С.И., Штинов Е.Д., приоритет 31.03.10

5. №2010114093 «Составная мишень для распыления и способ ее получения», авторы: Глебовский В.Г., приоритет: 12.04.10

6. №2010114094 «Распыляемые мишени из высокочистых сплавов на основе переходных металлов и способ их производства», авторы: Глебовский В.Г., приоритет: 12.04.10

7. №2010119778 «Способ производства распыляемой мишени из сплава на основе тантала высокой чистоты», авторы: Глебовский В.Г., приоритет: 19.05.10

8. №2010119780 «Способ получения кристаллов фуллерена C<sub>60</sub> особой чистоты», авторы: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., Баженов А.В., Фурсова Т.Н., Изотов А.Н., Левченко А.А., приоритет: 19.05.10

9. № 2010119783 «Способ интеркаляции кристаллов фуллерена C60 щелочными и щелочноземельными металлами», авторы: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет: 19.05.10
10. №2010119784 «Способ производства распыляемой мишени из сплава на основе молибдена высокой чистоты», авторы: Глебовский В.Г., приоритет: 19.05.10
11. №2010122527 «Способ получения сверхпроводящего соединения кальций-фосфор-кислород», авторы: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., Авдонин В.В., Шахрай Д.В., приоритет: 03.06.10
12. №2010122528 «Способ получения сверхпроводящего трехкомпонентного борида», авторы: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет: 03.06.10
13. №2010122531 «Способ получения составной мишени для распыления из сплава вольфрам-титан-кремний», авторы: Глебовский В.Г., приоритет: 03.06.10
14. №2010122533 «Способ получения составной мишени для распыления из сплава вольфрам-титан-рений», авторы: Глебовский В.Г., приоритет: 03.06.10
15. №2010124385 «Устройство для получения газообразного хлора», авторы: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет: 17.06.10
16. №2010124383 «Способ получения высокочистого кобальта для распыляемых мишеней», Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Штинов Е.Д., Глебовский В.Г., приоритет: 17.06.10
17. №2010124381 «Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе натрий-оксид натрия», Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет: 17.06.10
18. №2010127554 «Способ получения высокочистого титана для распыляемых мишеней», Сидоров Н.С., Штинов Е.Д., Глебовский В.Г., приоритет: 06.07.10

- 19.№2010127555 «Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе натрий-теллурид сурьмы», Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет: 06.07.10
- 20.№2010127556 «Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе железо-окись железа», Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет: 06.07.10
- 21.№2010127557 «Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе медь-оксид меди», Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет: 06.07.10
- 22.№2010127558 «Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе натрий-теллурид натрия », Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет: 06.07.10
- 23.№2010130961 «Способ квантового кодирования и передачи криптографических ключей», авторы: Молотков С.Н., Кулик С.П., приоритет: 23.07.10
- 24.№2010135120 «Способ изготовления композитной сверхпроводящей ленты на основе соединения  $Nb_3Sn$ », авторы:Карпов М.И., Внуков В.И., Колобов Ю.Н., Голосов Е.В., приоритет: 24.08.10
- 25.№2010135122 «Композитная сверхпроводящая лента на основе соединения  $Nb_3Sn$ », авторы: Карпов М.И., Внуков В.И., Колобов Ю.Н., Голосов Е.В., приоритет: 24.08.10
- 26.№2010135124 «Композитная сверхпроводящая лента на основе соединения  $Nb_3Sn$ », авторы: Карпов М.И., Внуков В.И., Колобов Ю.Н., Голосов Е.В., приоритет: 24.08.10
- 27.№2010135125 «Способ изготовления композитной сверхпроводящей ленты на основе соединения  $Nb_3Sn$ », авторы:Карпов М.И., Внуков В.И., Колобов Ю.Н., Голосов Е.В., приоритет: 24.08.10
- 28.№2010137601 «Способ интеркаляции кристаллов фуллерена  $C_{60}$  цезием», авторы: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет: 10.09.10

29.№2010137602 «Способ получения высокочистого никеля для распыляемых мишеней», авторы: Глебовский В.Г., Сидоров Н.С., Штинов Е.Д., приоритет: 10.09.10

30.№2010137603 «Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе литий-теллурид сурьмы», авторы: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет: 10.09.10

31.№2010137604 «Способ получения высокочистого вольфрама для распыляемых мишеней», авторы: Глебовский В.Г., Сидоров Н.С., Штинов Е.Д., приоритет: 10.09.10

32.№2010137605 «Способ получения высокочистого молибдена для распыляемых мишеней», авторы: Глебовский В.Г., Сидоров Н.С., Штинов Е.Д., приоритет: 10.09.10

33.№2010 «Способ получения заготовок распыляемых мишеней из сплава на основе алюминия», авторы: Штинов Е.Д., Глебовский В.Г., Чашечкина Ж.Ю., Ищенко В.И., Бывшев П.Я., приоритет: 1.12.10

34.№2010 «Способ получения распыляемых мишеней из сплава на основе алюминия», авторы: Штинов Е.Д., Глебовский В.Г., Чашечкина Ж.Ю., Ищенко В.И., Бывшев П.Я., приоритет: 1.12.10

35.№2010 «Антифрикционный сплав на основе алюминия», авторы: Штинов Е.Д., Глебовский В.Г., Чашечкина Ж.Ю., Ищенко В.И., Бывшев П.Я., приоритет: 1.12.10

36.№2010 «Антифрикционный сплав на основе алюминия», авторы: Штинов Е.Д., Глебовский В.Г., Чашечкина Ж.Ю., Ищенко В.И., Бывшев П.Я., приоритет: 1.12.10,

а также 2 заявки на полезную модель

1. №2010104486 «Портативный криодеструктор», авторы: Межов-Деглин Л.П., Макова М.К., Казанцев Г.В., Лохов А.В., приоритет 09.02.10

2. №2010120838 «Погружной криоаппликатор», авторы: Межов-Деглин Л.П., Макова М.К., Калмыкова З.В., Лохов А.В., приоритет:25.05.10

Получено 7 положительных решений по заявкам на изобретение и 2 по заявкам на полезную модель:

1. №2009122970 «Умножитель частоты на плазменном механизме нелинейности», авторы: Кукушкин И.В., Муравьев В.М., положительное решение 26.02.10
2. №2008143153 «Способ получения наночастиц из газов и паров жидкостей при сверхнизких температурах», авторы: Ефимов В.Б., Межов-Деглин Л.П., положительное решение 07.05.10
3. №2402050 «Нейтральный светофильтр», Колесников Н.Н., Кведер В.В., Борисенко Д.Н., Борисенко Е.Б., положительное решение 18.06.10
4. №2009118730 «Гетеродинный спектрометр электромагнитного излучения», авторы: Кукушкин И.В., Муравьев В.М., положительное решение 22.06.10
5. №2010104573 «Способ получения нанопорошка селенотеллурида цинка», авторы: авторы: Колесников Н.Н., Кведер В.В., Гартман В.К., Орлов В.И., Борисенко Д.Н., Борисенко Е.Б., Тимонина А.В., положительное решение 19.11.10
6. №2010104486 «Портативный криодеструктор», авторы: Межов-Деглин Л.П., Макова М.К., Казанцев Г.В., Лохов А.В., положительное решение 19.03.10
7. №2010120838 «Погружной криоаппликатор», авторы: Межов-Деглин Л.П., Макова М.К., Калмыкова З.В., Лохов А.В., положительное решение 29.07.10

В настоящий момент поддерживаются в силе 63 патента, в том числе 55 патентов РФ и 9 зарубежных патентов

1. №2154122, зарегистрирован 10.08.00
2. №2160790, зарегистрирован 20.12.00
3. №2178958, зарегистрирован 27.01.02
4. №2220905, зарегистрирован 27.01.02
5. №2232736, зарегистрирован 20.07.04

6. Патент на ПМ № 46084, зарегистрирован 26.06.2005
7. № 2258772, зарегистрирован 20.08.2005
8. № 2264483, зарегистрирован 20.11.2005
9. №2278186, зарегистрирован 20.06.2006
10. №2279154, зарегистрирован 27.07.2006
11. №2286317, зарегистрирован 27.10.2006
12. №2293138, зарегистрирован 10.02.07
13. №2296046, зарегистрирован 27.03.07
14. №2302085, зарегистрирован 27.06.07
15. №2307785, зарегистрирован 10.10.07
16. №2308061, зарегистрирован 10.10.07
17. №2311338, зарегистрирован 27.11.07
18. №2311499, зарегистрирован 27.11.07
19. №2315710, зарегистрирован 27.01.08
20. №2318928, зарегистрирован 10.03.07
21. №2321536, зарегистрирован 10.04.08
22. №2329488, зарегистрирован 20.07.08
23. №2331905, зарегистрирован 20.08.08
24. №2331906, зарегистрирован 20.08.08
25. №2331907, зарегистрирован 20.08.08
26. №2332530, зарегистрирован 27.08.08
27. №2333152, зарегистрирован 10.09.08
28. №2334836, зарегистрирован 27.09.08
29. №2336371, зарегистрирован 20.10.08
30. Патент на ПМ №85680, зарегистрирован 10.08.09
31. Патент на ПМ №85679, зарегистрирован 10.08.09
32. Патент на ПМ №85326, зарегистрирован 10.08.09
33. Патент на ПМ №85327, зарегистрирован 10.08.09
34. №2365684, зарегистрирован 27.08.09
35. №2367042, зарегистрирован 10.09.09
36. №2367043, зарегистрирован 10.09.09

37. №2366910, зарегистрирован 10.09.09
38. №2370434, зарегистрирован 20.10.09
39. Патент на ПИМ №88150, зарегистрирован 27.10.09
40. №2372873, зарегистрирован 20.11.09
41. №2373137, зарегистрирован 20.11.09
42. №2374180, зарегистрирован 27.11.09
43. №2377334, зарегистрирован 27.12.09
44. №2378750, зарегистрирован 10.01.10
45. №2378200, зарегистрирован 10.01.10
46. №2379071, зарегистрирован 20.01.10
47. №2379228, зарегистрирован 20.01.10
48. №2382519, зарегистрирован 20.02.10
49. №2399581, зарегистрирован 20.09.10
50. №2401479, зарегистрирован 10.10.10
51. №2402050, зарегистрирован 20.10.10
52. №2402749, зарегистрирован 27.10.10
53. Патент на ПИМ №92617, зарегистрирован: 23.03.10
54. Патент на ПИМ №95499, зарегистрирован: 10.07.10
55. Патент на ПИМ №99317, зарегистрирован: 20.11.10

а также

1. патент США № 6,589,898 от 08.07.2003 г.,
2. патент США № 6,770,856 от 03.08.2004 г.;
3. патент Израиля № 140633 от 20.09.2005 г.,
4. патент Израиля № 151182 от 04.09.2007 г.;
5. патент Канады № 2,336,695 от 15.07.2008 г.
6. патент ЕПВ (Европейское патентное ведомство) №1260882 от 12.11.2008 г.
7. патент Канады №2,400,656 от 20.10.2009
8. патент Турции TR200900671 по ЕПВ №1260882 от 12.11.2008 г.
9. Патент Японии №4499334 от 23.04.2010 г.

## Участие ИФТТ РАН в выставках в 2010 г.

1. Выставка, проводимая в рамках празднования «Дня Российской науки» и 65-летия Победы в Великой Отечественной войне, февраль 2010 г., г. Фрязино, Московская обл.
2. 13-й Московский Международный салон промышленной собственности «Архимед», март-апрель 2010г., КВЦ «Сокольники», г. Москва
3. 11-ый Московский Международный Форум «Высокие технологии XXI Века», апрель 2010г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва.
4. X Московский Международный салон инноваций и инвестиций, сентябрь 2010 г., Гостиный двор, г. Москва.
5. Международная выставка-презентация Московской области «Подмосковье-2010», сентябрь 2010 г., МВК «Крокус Экспо», Московская обл., Красногорский район.
6. 4-я Международная специализированная выставка «SIMEXPO-Научное Приборостроение-2010», сентябрь 2010 г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва.
7. VI Международный Форум «Оптические приборы и технологии – «OPTICS-EXPO 2010», октябрь 2010 г., ВВЦ, г. Москва.
8. Выставка в рамках Третьего Международного форума по нанотехнологиям, ноябрь 2010 г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва.
9. Выставка Центрального федерального округа (в составе объединенного выставочного стенда муниципальных образований и ведущих организаций научно-промышленного комплекса Московской области), декабрь 2010 г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва.

Разработки ИФТТ были отмечены в 2010 г. следующими наградами:

1. Диплом и Золотая медаль XIII Московского Международного салона промышленной собственности «Архимед-2010», март-апрель 2010 г.,

КВЦ «Сокольники», г. Москва за разработку «Распыляемая мишень из молибдена высокой чистоты для тонкопленочной металлизации в микроэлектронике». Авторы: Глебовский В.Г., Штинов Е.Д.

2. Диплом и Золотая медаль XIII Московского Международного салона промышленной собственности «Архимед-2010», март-апрель 2010 г., КВЦ «Сокольники», г. Москва за разработку «Широкоапертурный сцинтилляционный детектор для определения параметров нейтронного потока в нейтронном генераторе». Авторы: Классен Н.В.

3. Диплом почтения и благодарности XIII Международного Салона промышленной собственности «Архимед-2010», март-апрель 2010 г., КВЦ «Сокольники», г. Москва – Институту физики твердого тела «за активное участие в организации и проведении Салона».

4. Чашечкина Ж.Ю. награждена Медалью Лауреата Международного Салона промышленной собственности "АРХИМЕД" - "За высокий вклад в развитие науки и техники".

5. Свидетельство и Почетный Знак 11-го Международного форума «Высокие технологии XXI века», апрель 2010г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва Серебряная статуэтка «Святой Георгий», Лауреат конкурса «Высокие технологии – основа модернизации экономики и развития промышленности» за конкурсный проект «Наноматериалы на основе халькогенидов металлов для инфракрасной техники, оптоэлектроники и детекторов ионизирующих излучений». Авторы: Колесников Н.Н.

6. Свидетельство и Медаль 11-го Международного форума «Высокие технологии XXI века», апрель 2010г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва Лауреат конкурса «Высокие технологии – основа модернизации экономики и развития промышленности» за конкурсный проект «Портативный рамановский комплекс для экспресс-анализа лекарственных препаратов». Авторы: Кукушкин И.В., Кулик Л.В.

7. Диплом 11-го Международного Форума «Высокие технологии XXI века», апрель 2010 г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва «За участие в выставке ВТ-XXI 2010 и достижения в области высоких технологий».

8. Диплом и Золотая медаль X Московского Международного салона инноваций и инвестиций, сентябрь 2010 г., Гостиный двор, г. Москва за разработку «Трехмерные периодические наноструктуры в прозрачном композите  $\text{SiO}_2\text{-ZrO}_2$  (фотонные кристаллы)». Авторы: Емельченко Г.А., Масалов В.М.
9. Диплом и Серебряная медаль X Московского Международного салона инноваций и инвестиций, сентябрь 2010 г., Гостиный двор, г. Москва за разработку «Портативные рамановский комплекс «ИнСпектр» для экспрессного анализа биомедицинских объектов». Автор: Кулик Л.В.
10. Диплом и Бронзовая медаль X Московского Международного салона инноваций и инвестиций, сентябрь 2010 г., Гостиный двор, г. Москва за разработку «Система экспрессной диагностики и терапии патогенных бионанообъектов внутри и вне живых организмов на основе наносцинтилляторов». Автор: Классен Н.В.
11. Диплом Институту физики твердого тела РАН за участие в X Московском Международном салоне инноваций и инвестиций, сентябрь 2010 г., Гостиный двор, г. Москва.
12. Диплом Институту физики твердого тела РАН «за активное участие в 4-ой Международной специализированной выставке приборов и оборудования для научных исследований «SIMEXPO-Научное приборостроение – 2010», сентябрь-октябрь 2010 г., ЗАО «Экспоцентр», г. Москва.
13. Диплом 4-ой Международной специализированной выставки приборов и оборудования для научных исследований «SIMEXPO-Научное приборостроение – 2010» Институту физики твердого тела РАН в конкурсе «Научный прибор года – 2010» победителя в номинации «За разработку и создание конкурентоспособного оборудования» - Приборы для научных исследований в области медицинских наук («Рентгеновский детектор со сверхвысоким разрешением на нанокристаллических сцинтилляционных матрицах» и «Портативный рамановский комплекс

«Инспектр» для анализа твердых и жидких химических веществ»), сентябрь-октябрь 2010 г., ЗАО «Экспоцентр», г. Москва.

14. Диплом и Медаль участника VI Международного Форума «Оптические приборы и технологии – «OPTICS-EXPO 2010», сентябрь - октябрь 2010 г., ВВЦ, г. Москва.

15. Удостоверение №141 «Всероссийский Выставочный центр награждает медалью «За успехи в научно-техническом творчестве» Институт физики твердого тела РАН (в номинации «Лучшее оптико-электронное изделие» - за создание новых образцов медицинской техники), Постановление от 17.09.2010 г. № 20, г. Москва, (Разработка «Сапфировые аппликаторы для безопасной управляемой лазерной термотерапии подкожных опухолей». Авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А.).

16. Диплом Институту физики твердого тела РАН за участие в выставке в рамках III Международного форума по нанотехнологиям, ноябрь 2010 г., ЗАО «Экспоцентр», г. Москва.

## СВЕДЕНИЯ

**о создании, правовой охране и реализации объектов интеллектуальной  
собственности в 2010 г.**

№	Показатели	Объекты интеллектуальной собственности	
		Изобретения	Полезные модели
1.	Подано заявок в РФ	36	2
2.	Получено положительных решений по заявкам на выдачу охранных документов РФ или свидетельств о регистрации	5	2
3.	Получено охранных документов в РФП, в том числе в рамках выполнения НИОКР по государственным контрактам	5	2
4.	Прекращено действие охранных документов в РФ	-	-
5.	Количество охранных документов, действующих в РФ	47	8
6.	Подано заявок за рубежом - в том числе в странах СНГ	-	-
7.	Получено охранных документов за рубежом - в том числе в странах СНГ	1	-
8.	Прекращено действие охранных документов за рубежом - в том числе в странах СНГ	-	-
9.	Количество охранных документов, действующих за рубежом - в том числе в странах СНГ	9	-
10.	Продано лицензий в РФ	-	-
11.	Продано лицензий за границу - в том числе в страны СНГ	-	-
12.	Заключено договоров об отчуждении исключительного права	-	-
13.	Численность патентной службы	3	

## Характеристика международных связей ИФТТ РАН за 2010 г.

1. Перечень тем двустороннего сотрудничества в рамках соглашений между Российской академии наук и научными учреждениями зарубежных стран, в которых участвует Институт

Страна	Наименование темы научной работы в рамках безвалютного обмена	Срок командировки в чел/дн.	Период действия соглашения
Болгария	Нанопленки и гетероструктуры магнитных манганитов и высокотемпературных сверхпроводников	0	2009-2011
Польша	Тема №46: Синтез и исследование новых материалов для водородной энергетики с использованием высоких давлений	34	2008-2010
Польша	Тема № 66: Зернограничные фазовые превращения в сталях	30	2008-2010
Латвия	Экспериментальное изучение микротвердости границ зерен и тройных стыков в металлах	14	2010
Франция	Пространственно-временные неоднородности в пластичности кристаллов и коллективная динамика дислокаций	30	2010
Польша	Участие в международной	7	2010

	конференции Joint European Magnetic Symposia 2010 (JEMS 2010)		
--	---	--	--

2.Перечень тем двустороннего сотрудничества в рамках прямых связей между Институтом и научными учреждениями зарубежных стран

Страна	Наименование темы сотрудничества	Срок командировки в дн.	Период действия соглашения
Франция	Изготовление и исследование структуры и свойств дейтерогелей и образцов гелей тяжелой воды в He-II методами нейтронной спектроскопии	-	2006-2011
Франция	Новые высокотемпературные композиционные материалы типа РЕФСИК для производства высокопрочных стекловолокон	-	2009-2010
КНР	Контроль дефектов монокристаллов кремния, предназначенных для глубокой субмикронной интегрированной схемы	-	2003-бессрочно
Сингапур	Нанесение никелевого покрытия на медную поверхность химическим безтоковым методом	-	2006-2010

Украина	Учебно-научный центр по теме «Новые неорганические материалы»	21	2007-2012
Азербайджан	Договор о сотрудничестве по теме «Экспериментальные особенности электронной системы в слоистых полупроводниках и сверхпроводниках»	15	2010-2011
Греция	Соглашение о поддержке сотрудничества с Университетом Патраса	-	2008-бессрочно
Республика Корея	Соглашение о развитии кооперации в области физики конденсированного состояния	-	2007-2012
Сингапур	Меморандум о намерениях	-	2001-2011
США	Покрытия НЬЮСИК и НАНОСИК, покрытия РЕФСИКОТ и РЕФСИК	-	2008-2010
Япония	Меморандум о намерениях в области выращивания и исследования кристаллов окислов из расплава	-	2005-2010
Япония	Меморандум о намерениях	-	1993-бессрочно
Франция	Договор о совместном международном руководстве по подготовке диссертации	194	2009-2012
Япония	Правительственный проект	-	1999-2012

	№89 в области создания новых материалов и исследования их свойств для использования в электрохимических реакторах на основе ионно-электронных проводников		
США	Покрытия Рефсикот и РЕФСИК (нанесение покрытий из материалов SiC-силициды тугоплавких металлов электроискровым способом для деталей и конструкций, работающих в системах газификации)	8	2010 - 2011
Германия	Меморандум о намерениях по реализации и исследованию структур цифровой и квантовой логики с использованием джозефсоновских контактов сверхпроводник-ферромагнетик-сверхпроводник.	12	2010-2013

### 3. Участие в международных конференциях за рубежом

Страна	Название конференции	Даты конференции	Чис-ло делегатов	Финансовые условия (ПС-за счет)

				принимающей стороны, РФФИ – гранты РФФИ, РАН – из средств Программ РАН, Х/Д- из средств хоздоговора, Г/К- из средств госконтракта)
Словакия	Международная конференция по мессбауэровской спектроскопии MSMS2010	31.01-07.02	1	РФФИ
Австралия	Международная конференция по нанонауке и технологии ICONN 2010	22.02-26.02	1	Г/К
Япония	JAЕА-симпозиум по	25.02-	1	РАН,

	исследованиям на синхротронном излучении	26.02		РФФИ, ПС
Франция	Международный семинар GRANIT-2010	14.02- 20.02	1	ПС
Тайвань	Международная конференция ФОНОНЫ- 2010	18.04- 23.04	1	РФФИ
Франция	Международная конференция GRANIT- 2010	14.02- 19.02	1	РФФИ
Германия	Международная конференция по магнетизму Fourth Seeheim Conference on Magnetism	28.03- 01.04	1	РАН, РФФИ
Турция	Международная конференция по сверхпроводимости и магнетизму ICSM-2010	24.04- 02.05	1	РАН, РФФИ
Украина	2-я Международная Самсоновская конференция «Материаловедение тугоплавких соединений»	18.05- 20.05	1	РАН
США	Международная конференция «Quantum Engineering with Electron on Helium»	20.05- 29.05	1	РАН, РФФИ, ПС
Украина	49-я Международная	14.06-	1	РФФИ

	конференция «Актуальные проблемы прочности»	18.06		
Украина	III-я Международная конференция «Кристаллические материалы-2010»	31.05- 03.06	1	РФФИ
Украина	Международная НАТО- конференция «Carbon Nanomaterials in Clean Energy Hydrogen Systems (CNCEHS'2010)»	25.06- 30.06	1	РФФИ
Хорватия	9-я Международная конференция хорватского металлургического общества SHMD-2010	20.06- 27.06	2	РФФИ, РАН
Франция	Международная конференция по фазовым превращениям PTM-2010	06.06- 10.06	1	Г/К
Германия	Международное совещание «Взаимодействия, беспорядок и топология в системах в режиме квантового Холла»	05.06- 12.06	2	РФФИ, ПС, Г/К
Италия	Международная конференция SIMTEC 2010	06.06- 11.06	1	РФФИ
Франция	Международная конференция «Quantum	01.08- 07.08	3	РФФИ, РАН

	Fluids and Solids» QFS2010			
Япония	Международная конференция «Межзеренные и межфазные границы» ПВ2010	27.06-02.07	3	РФФИ
Р.Корея	30-я Международная конференция по физике полупроводников	25.07-30.07	1	РФФИ, РАН
Франция	11-я Международная конференция по некристаллическим материалам	27.06-02.07	1	РФФИ, РАН
Германия	26-я Европейская кристаллографическая конференция	29.08-02.09	3	РФФИ
Германия	Международная конференция EPDIC 12	27.08-30.08	3	РФФИ
Бразилия	Международная конференция «Quantum Information Science»	05.07-09.07	1	РФФИ
Бразилия	19-я Международная конференция по лазерной физике	05.07-10.07	1	РФФИ
Азербайджан	Международная конференция ICTMC-17	28.09-30.09	3	РФФИ, ПС
Швейцария	European Fuel Cell Forum 2010	29.06-02.07	1	Г/К
Канада	37-я Международная	11.07-	1	РФФИ

	конференция по вакуумному ультрафиолету и физике рентгеновского излучения (VUVX2010)	16.07		
Франция	Европейская школа по нанонаукам и нанотехнологиям	22.08-11.09	1	РФФИ, ПС
Великобритания	Международная конференция EDS2010	19.09-25.09	2	РФФИ, НШ, РАН, Х/Д
Япония	19-я Международная конференция по применению сильных магнитных полей в физике полупроводников и нанотехнологии	01.08-06.08	2	РФФИ
Китай	16-я Международная конференция по сверхрешеткам, наноструктурам и наноприборам	18.07-23.07	1	РФФИ, РАН
Польша	Международный симпозиум JEMS2010	23.08-28.08	2	РАН
Франция	Международная конференция «EOS Annual Meeting 2010»	26.10-29.10	1	РФФИ
Япония	Азиатский симпозиум по твердо-оксидным	05.09-07.09	4	РАН, Г/К

	элементам			
Великобритания	10-я Международная конференция ХТОР2010	20.09-23.09	1	РФФИ
Швейцария	Международная конференция «Joint International Conference on hyperfine Interactions and International Symposium on Nuclear Quadrupole»	13.09-17.09	1	РФФИ
Польша	Ежегодная международная конференция Европейского общества материаловедов	13.09-17.09	1	РФФИ
Беларусь	Международное совещание «Многостороннее научное сотрудничество государств-участников СНГ по физико-техническим проблемам энергетики»	20.09-21.09	1	РАН, РФФИ
Украина	11-я Международная конференция «Высокие давления-2010»	26.09-30.09	3	РФФИ, РАН, Х/Д
Германия	Международная конференция «Temperature Ceramic Matrix Composites»	19.09-25.09	1	РФФИ

Франция	6-ой Российско-Французский семинар по Нанофизике и Нанотехнологиям	13.09-15.09	1	РФФИ, РАН, ПС
Китай	Международная конференция ICSFS-15	03.10-13.10	1	РФФИ
Украина	3-я Международная конференция «Наноструктурные материалы-2010»	19.10-22.10	1	РФФИ
Франция	Международная конференция NANOSMAT-5	19.10-21.10	1	РАН
Украина	II-я Международная конференция «Наноструктурные материалы-2010»	19.10-22.10	2	РФФИ
Япония	Международная конференция по наноспектроскопии и нанотехнологиям	29.10-29.10	1	РФФИ

4. Международные мероприятия, которые проводились в Институте или при участии Института

Наименование мероприятия	Даты проведения
Шестая Международная конференция ФППК-2010 «Фазовые превращения и прочность кристаллов», посвященная памяти Г.В. Курдюмова	16.11.-19.11. 2010
8-я Международная конференция Cryocrystals and Quantum Crystals, CC-2010	26.07.-31.07.2010

Международная Школа-2010 «Материалы для водородной энергетики»	14.07.-18.07.2010
Всероссийская конференция с международным участием «Твердо-оксидные топливные элементы и энергоустановки на их основе»	17.06.-18.06.2010
Международная конференция «Дни Ландау -2010» ИТФ им. Л.Д.Ландау РАН с участием ИФТТ РАН	20.06-23.06.2010
Международная конференция «Новые границы в физике квантовых точек» ИТФ им. Л.Д.Ландау РАН с участием ИФТТ РАН	19.09-23.09.2010

#### 5.Участие в международных программах

Название программы	Период действия
РФФИ 09-03-92481-МНКС_a (Россия - Израиль) Вызванная деформацией аномальная диффузия в нанокристаллических сплавах меди	2009-2010
РФФИ 09-08-92655 ИНД_a (Россия-Индия) Увеличение теплопроводности и трещиностойкости композитов с керамической матрицей путем наполнения её углеродными нанотрубками	2009-2010
РФФИ 09-08-90406-Укр-ф-а (Россия-Украина) Смещение линий на фазовых диаграммах нанокристаллических материалов и эволюция структуры за пределами смещенных равновесий	2009-2010
РФФИ 09-02-90475-Укр-ф-а (Россия-Украина) Новые фотонные кристаллы на основе упорядоченных ансамблей гетерочастиц типа «ядро-оболочка»	2009-2010
РФФИ 09-02-90469- Укр-ф-а (Россия-Украина)	2009-2010

Границы раздела фаз при расслоении в массивных металлических стеклах: теория и эксперимент	
РФФИ 09-02-90405 – Укр-ф-а (Россия-Украина) Структурное состояние и механические свойства наноструктурных металлов и сплавов	2009-2010
РФФИ 09-02-91058 НЦНИ_а (Россия-Франция-PICS) Полупроводниковые микрорезонаторы для спин-оптоэлектроники	2009-2010
РФФИ-ННИО №08-02-91965 (Россия-Германия) Экспериментальные исследования квантовой когерентности в джозефсоновских цепях с SFS- $\pi$ контактами	2008-2010
РФФИ-ННИО №09-02-91339 (Россия-Германия) Термодинамика и кинетика зернограничной микроструктуры в нанокристаллических материалах	2009-2011
РФФИ-10-02-90034-Бел_а (Россия-Белоруссия) Самоорганизация и оптические свойства наноструктур металлов на специальных поверхностях	2010-2011
Комиссия Европейского экономического сообщества генеральное управление исследований (контракт №980024): Полиаморфные системы. Фазовые превращения в полиаморфных системах полупроводниковых элементов при высоких давлениях	08.01.07- 08.01.10
GENERAL ELECTRIC GLOBAL RESEARCH №400063585	2010-2011
Договор ИФТТ РАН - Самсунг (Корея)	2009-2010

## 6. Стажировки и прием иностранных ученых

Стажировки российских ученых (кол-во)	Стажировки зарубежных ученых (кол-во)	Принято иностранных ученых (кол-во)
1	-	112

7. Сведения об избрании академиков и членов-корреспондентов, работающих в Институте, иностранными членами академий наук, почетными докторами университетов, научных обществ зарубежных стран, а также о награждении их международными премиями, орденами и медалями.

Фамилия И.О. действительного члена или члена-корреспондента РАН	Страна	Полное наименование учреждения, избравшего члена РАН своим иностранным членом или представившего члена РАН к награде	Полученная позиция в международной/иностранной организации или наименование премии, ордена, медали и др.
-			

8. Дополнительные сведения.

8.1. Количество зарубежных командировок сотрудников института – 155  
из них за счет принимающей стороны – 27,  
частично за счет принимающей стороны – 51

8.2. Количество зарубежных командировок директора института,  
оформленных в ИФТТ РАН (общая продолжительность в днях) – 0

**Финансовая справка на 1 декабря 2010 года в тыс. руб.**

Доходы за 11 месяцев, всего	275877,1	100%
Бюджетное финансирование РАН	188424,1	68,30
Финансирование из РФФИ	37666	13,65
Финансирование из Миннауки и по ГНТП	15728	5,70
Получено по хоздоговорам	17248	6,25
Получено по международным контрактам	2004	0,73
Получено по коммерческой деятельности	3900	1,41
Аренда	10907	3,95
Расходы за 11 месяцев, всего	240826	100%
Заработная плата	126802	52,65
Начисления на заработную плату	30608	12,71
Выплаты из ФМП	430	0,18
Коммунальные платежи	17413	7,23
Научная работа (материалы, приборы и т.п.)	16688	6,93
Прочие расходы (канц., связь, ремонт)	39126	16,25
Оборудование	9759	4,05

**Справка по штатному состоянию на 1 декабря 2010 г.**

Количество сотрудников	2009 год	2010 год
Сотрудники ИФТТ	462	475
Совместители	39	39
в том числе научные сотрудники	12	15
Научные сотрудники	179	202
в том числе:		
доктора наук	54	51
кандидаты наук	108	113
Молодые специалисты, принятые в ИФТТ	7	5