

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

**ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ И НАУЧНО-  
ОРГАНИЗАЦИОННОЙ РАБОТЕ ЗА 2009 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	3	
в 2009 году	4	
Основные достижения ИФТТ РАН в 2009 году	8	
Научные результаты, полученные в ИФТТ РАН в 2009 году:		
Физика конденсированных сред и физическое материаловедение	7	1-4
Электронные, магнитные, электромагнитные, оптические и механические свойства кристаллических и аморфных материалов и нано- и мезо-структур на их основе	9	5-7
Спектроскопия твердых тел и твердотельных структур		
Структура конденсированных сред, физика дефектов, рост кристаллов	10	8-13
Транспортные явления в кристаллических и аморфных материалах и структурах	12	14-25
Фазовые равновесия, фазовые переходы	15	26-34
Низкоразмерные структуры, нано- и мезоскопические структуры и стистемы, атомные и молекулярные кластеры	18	35-42
Новые материалы и структуры	20	43-49
Квантовые макросистемы и квантовые методы телекоммуникации	22	50-57
Новые экспериментальные методы изучения и диагностики твердых тел и тведотельных нано- и мезо-структур	25	58-62
Новые технологии твердотельных материалов и структур	28	63-66
Научные и научно-технологические разработки, финансируемые за счет внебюджетных источников	42	109
Основные результаты и разработки, готовые к практическому применению	57	1-2
Характеристика научно-организационной деятельности ИФТТ РАН в 2009 году	58	
Патентно-инновационная деятельность	58	
Характеристика международных связей ИФТТ РАН	62	
Доходы и расходы на 1 декабря 2009 г.	68	
Сотрудники института на 1 декабря 2009 г.	68	

В течение 2009 года Институт физики твердого тела РАН проводил научные исследования по следующим, ранее утвержденным и отраженным в плане работ на 2008 г., основным направлениям:

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 – 11 контрактов;
- Программы РАН – 13 программ;
- Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ) и региональные РФФИ – 73 проектов;
- Программа поддержки "Ведущих научных школ" - 3 проекта;
- INTAS – 3 проекта;
- ИНТАС + Седьмая Европейская рамочная программа – 7 проектов;

- CRDF - 1 проект;
- РФФИ – Израиль – 1 проект;
- РФФИ - Индия – 2 проекта;
- РФФИ – Молдавия – 3 проекта;
- РФФИ – ННИО – 2 проекта;
- РФФИ – НАНУ – 4 проекта;
- РФФИ – ИЦНИ (PICS) – 1 проект;
- контракты и договоры на выполнение НИР - 35 проекта.

По результатам исследований научными сотрудниками Института в 2009 году на заседаниях Ученого совета было сделано 79 докладов по статьям, направляемым в печать (41 статей в Российские журналы, 38 в иностранные). Всего в 2009 году сотрудники института опубликовали 226 статей в реферируемых журналах и сделали более 300 докладов на конференциях (в том числе около 130 на международных).

С целью улучшения обеспечения выполнения фундаментальных научных исследований и прикладных разработок в области физики конденсированного состояния и материаловедения и с целью совершенствования существующего в ИФТТ методического принципа в 2009 г. в ИФТТ РАН продолжались работы по развитию новых методик Распределенного центра коллективного пользования.

В 2009 руководителем сектора нанолитографии был избран доктор физико-математических наук С.И.Дорожкин.

В 2009 году дирекция Института провела 58 заседаний, на которых было рассмотрено около 150 вопросов.

### **Некоторые основные результаты, полученные в ИФТТ РАН в 2009 году**

№№	Наименование направления фундаментальных исследований (по Программе РАН)	Результаты

на 08-12 гг)		
1	2	3
	6. Актуальные направления физики конденсированных сред	<p>Обнаружено явление возникновения токовой неустойчивости в катодах ТОТЭ, обладающих высокой ионно-электронной проводимостью. Показано, что токовые неустойчивости обусловлены наличием двух типов носителя заряда – электронов и анионов кислорода, что приводит к возникновению концентрационных доменов при протекании тока. Показано, что возникновение осцилляций имеет резкий порог, зависящий от давления кислорода, а частота осцилляций зависит от толщины катода. Увеличение тока нагрузки приводит к появлению гармоник на частотах с общей формулой <math>f_n = f_0/2^n</math>. Рук. – член-корреспондент РАН В.В.Кведер</p> <p>2. Методом неупругого рассеяния нейтронов изучены колебательные спектры твердых растворов PdD<sub>1-x</sub>H<sub>x</sub>, полученных под высоким давлением. Установлено, что наряду с обычно изучаемым пиком локальной моды легкой примеси (H), отщепленным от зоны оптических колебаний тяжелых атомов (D), внутри этой зоны возникает новая зона совместных колебаний атомов H и D. Интегральные интенсивности рассеяния нейтронов от зоны совместных колебаний и от локальной моды сопоставимы при сколь угодно малой концентрации H. Рук. – д.ф.-м.н. В.Е.Антонов</p> <p>3. Продемонстрировано, что температурная зависимость скачка химического потенциала в условиях дробного квантового эффекта Холла несет информацию о спектре элементарных возбуждений. Проведено сравнение полученных экспериментальных результатов с моделью композитных фермионов. Обнаружено согласие между моделью и экспериментальными данными по всем позициям за исключением зависимости величины спектральной щели от знаменателя дроби. Рук. – проф. В.Т.Долгополов</p> <p>4. Предложен новый двухпараметрический протокол квантового распределения ключей, показано, что данный протокол позволяет распределять секретные ключи вплоть до теоретического предела по ошибке на приемной стороне в 50%. Рук. – проф. С.Н.Молотков</p>
	7. Физическое материаловедение	1. Разработан способ получения наночастиц галлия, предназначенных для формирования наноструктур в кристаллических матрицах GaSe. Такие наноструктуры могут использоваться в

элементах фильтрующей оптики, работающих в диапазоне длин волн 0,8-25 мкм, в т.ч., в фильтрах с термически управляемым светопропусканием. Способ защищен патентом РФ № 2336371, в 2009 году включенным Федеральной службой по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам в список «100 лучших изобретений России».

Рук. – к.т.н. Н.Н.Колесников

2. С помощью СТМ впервые продемонстрировано расслаивание островков свинца на вицинальной поверхности Si(557) на слои толщиной 7 монослоев в соответствии с моделью «электронного роста». Методами СТМ/СТС в условиях сильных магнитных полей впервые исследованы особенности сверхпроводящего состояния в островках свинца с характерными размерами  $110 \times 110 \times 5.5 \text{ нм}^3$ . В зависимости от величины магнитного поля ( $H < 1 \text{ Т}$ ) реализованы два различных сверхпроводящих состояния в наноструктурах: одно- и безвихревое.

Рук. – проф. С.Н.Молотков

3. Установлено, что недавно обнаруженный ферромагнетизм в оксиде цинка (в том числе – в нелегированном) появляется только в том случае, если удельная плотность границ зерен в образце превышает некоторую критическую величину. Предложена концепция «зернограничной ферромагнитной пены». Установлено, что критическое значение удельной плотности границ зависит от типа «магнитной» примеси в оксиде цинка.

Рук. – д.ф.-м.н. Б.Б.Страумал

8. Актуальные проблемы оптики и лазерной физики

Впервые измерена дисперсия щелевых возбуждений в режиме дробного квантового эффекта Холла и обнаружены ротонные минимумы. Для разных дробных состояний лафлиновской жидкости измерены ротонные щели, а также ротонные массы. Для измерения дисперсии возбуждений при больших импульсах нами был разработан метод комбинированного акусто - микроволнового резонанса, с помощью которого исследована также дисперсия композитных фермионов вблизи полуцелого фактора заполнения. Установлено, что при дробных факторах заполнения наблюдается резонансное увеличение циклотронной энергии композитных частиц, которое сопровождается значительным уменьшением ширины резонанса. Обнаруженные осцилляции указывает на значительные корреляции между Композитными Фермионами, взаимодействие между которыми считалось слабым. Показано, что осцилляции в дисперсии Композитных Фермионов исчезают при повышении температуры от 50 мК до 400 мК, а также при отклонении фактора заполнения от

	<p>10. Современные проблемы радиофизики и акустики (изучение нелинейных волновых явлений)</p>	<p>лафлиновского значения. (надо сократить ~ вдвое – 500 знаков!)  Рук. – чл.-корр. РАН И.В.Кукушкин  На поверхности сверхтекучего гелия в условия цилиндрической геометрии при возбуждении гармонической накачкой впервые наблюдается накопление энергии на турбулентном каскаде вблизи высокочастотного края инерционного интервала, выражающееся в формировании локального максимума на Колмогоровском распределении. Максимум наблюдается только при умеренных уровнях накачки, а его положение на шкале частот зависит от амплитуды и частоты возбуждающей силы. Предложена теоретическая модель, учитывающая особенности спектров в ограниченной геометрии, которая объясняет наблюдаемые экспериментальные результаты.  Рук. – д.ф.-м.н. А.А.Левченко</p>
--	---	--

расставленные в приоритетном порядке (1 – самый сильный результат, 2 – чуть менее, и т.д.). Объем текста с описанием в графе «3» - «Результат» - не более 500 знаков (включая пробелы) на результат.

### **В области сильно коррелированных электронных систем**

2) Обнаружены эффекты резистивных переключений в пленочных гетероструктурах  $\text{Nd}_{1.75}\text{Ce}_{0.15}\text{CuO}_{4-y}/\text{Ag}$ . В зависимости от стехиометрии кислорода гетероструктуры демонстрируют изменение типа носителей и инверсию знака эффекта резистивных переключений (ЭРП). Показано, что переключения контролируются двумя процессами: изменением резистивного состояния интерфейса: сильно коррелированная электронная система/нормальный металл под влиянием электрического тока и электродиффузии кислорода. Электродиффузия кислорода под влиянием электрического поля тока в гетероструктурах с ЭРП обеспечивает проявление свойств одного из базовых элементов схемотехники “мемристора”, обсуждаемого в настоящее время в литературе. Возможность регулировать времена переключений и параметры “on-” и “off-” состояний делает эти устройства перспективными в качестве элементов памяти «RAM».  
(к.ф.-м.н. Н.А.Тулина тел. (496) 522 53 42)

### **В области оптики полупроводниковых наноструктур**

3) Выполнены исследования пространственного коррелятора амплитуд Бозе-конденсата дипольных экситонов, накапливаемых в кольцевых ловушках в  $\text{GaAs}/\text{AlGaAs}$  гетероструктурах с одиночной квантовой ямой. В условиях Бозе-конденсации экситонов возникает пространственно-периодическая структура пятен люминесценции, которые оказываются когерентно связанными. По наблюдениям и анализу интерференционных картин люминесценции в дальнем поле установлено, что пространственная когерентность возникает на масштабах порядка периметра кольцевых ловушек (около 10 мкм) и исчезает при больших оптических накачках

(эффект разрушения экситонов из-за экранирования кулоновского взаимодействия), а также при увеличении температуры (выше порога бозе-конденсации). Анализ интерференционных картин с высоким временным разрешением (около 200 псек) позволил установить, что при импульсном фотовозбуждении бозе-конденсата пространственная когерентность возникает с задержкой около 1 нсек, относительно возбуждающего импульса. Время задержки коррелирует с характерным временем установлением квазиравновесия в экситонной системе благодаря рассеянию на фононах.

(академик В.Б.Тимофеев, тел. (496) 5222914)

#### **В области электронных свойств низкоразмерных и мезоскопических полупроводниковых структур**

4) Выполнен сравнительный анализ магнитопольных зависимостей проводимости двумерной электронной системы при бесконтактных и контактных измерениях в режиме гигантских осцилляций магнитосопротивления двумерных электронов, индуцированных микроволновым излучением. Бесконтактная методика исследования проводимости основана на измерении затухания высокочастотного сигнала, распространяющегося вдоль планарного волновода, литографически нанесенного на поверхность образца. Обнаружено, что Шубниковские осцилляции проводимости наблюдаются в обеих методиках, однако дополнительные осцилляции проводимости, индуцированные микроволновым излучением, проявляются лишь при контактных измерениях. Полученные результаты указывают на то, что для объяснения новых осцилляций магнитосопротивления, индуцированных микроволновым излучением, необходимо использовать свойства контактных или краевых областей двумерной электронной системы, в которых имеется сильный градиент потенциала.

(член-корреспондент РАН Кукушкин И.В., тел. (496)5221892)

#### **В области нелинейных волновых процессов в жидком водороде и гелии**

б) Проведены исследования акустической турбулентности в системе сильно нелинейных волн второго звука в объеме сверхтекучего гелия. Показано, что при амплитуде волны выше некоторой критической величины в системе развивается распадная неустойчивость, приводящая не только к формированию волн с частотой выше частоты накачки («обычный» Колмогоровский каскад), но и появлению каскада ниже частоты накачки (субгармоники). На промежуточной стадии развития неустойчивости генерация субгармоник приводит к образованию акустических аналогов «волн-убийц» (freak waves).

(проф. Л.П. Межов-Деглин, тел. (496) 5224695)

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

## Физика конденсированных сред и физическое материаловедение

1. Построена фазовая диаграмма Бозе-конденсации диполярных экситонов в латеральной кольцевой ловушке диаметром 5 мкм в GaAs/AlGaAs гетероструктурах с одиночной широкой (25 нм) квантовой ямой в диапазоне температур 0.46 - 4.2 К. Порог конденсации оценивался по возникновению в спектре люминесценции узкой линии экситонного конденсата. Величина экситонной плотности оценивалась по “фиолетовому” сдвигу линии экситонного конденсата вследствие экситон-экситонного отталкивания в газе экситонов. Найдено, что критическая плотность Бозе-конденсации диполярных экситонов является линейной функцией температуры вплоть до 0,5 К, что является естественным в случае двумерных систем и свидетельствует о том, что Бозе-конденсация экситонов происходит в квазиравновесных условиях.

Измерены величины коррелятора интенсивности люминесценции экситонов 2-го порядка,  $g^{(2)}(\tau)$ ,  $\tau$  - время задержки между парами регистрируемых фотонов) при различных температурах. Найдено, что максимальная величина группировки фотонов в функции накачки хорошо коррелирует с найденной фазовой диаграммой, что свидетельствует о том, что максимальная двухфотонная группировка происходит в области, где наиболее сильны флуктуации экситонной плотности, т.е. вблизи фазовой границы.

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

Руководитель – академик В.Б.Тимофеев

2. Рассмотрена задача о влиянии кулоновских эффектов на структуру краевых состояний в ограниченных 2D электронных системах. Введено понятие о «мягких» краевых электронных состояниях. Предложен механизм возникновения релаксационных колебаний в различных

проводящих системах с участием потенциальных барьеров. Общие результаты использованы для описания релаксационных явлений в жидких электролитах. Рассмотрено взаимодействие коллективных межподзонных и плазменных возбуждений (оптических плазмонов) в асимметричных квантовых ямах в области энергий, близких к энергии межподзонного расстояния. Изучены магнитоплазменные возбуждения в двуслойном и однослойном графене при факторе заполнения 0 в приближении Хартри-Фока. Исследован механизм релаксации спиновых волн в квантово-холловском ферромагнетике (QHF), при котором необратимость процесса обеспечивается плавным случайным потенциалом. Рассчитана энергия антифазной циклотронной магнитоплазменной моды в квантово-холловской системе при заполнении, равном  $1/3$ . Эта поправка рассчитана аналитически точно с использованием базиса экситонного представления.

Госбюджет, программа РАН «Квантовая физика конденсированных сред»  
Руководитель - д.ф.-м.н. В.Б.Шикин

3. Методом неупругого рассеяния нейтронов изучены колебательные спектры  $\gamma$  модификации тригидрида алюминия и трех образцов  $\text{PdD}_{1-x}\text{H}_x$  дейтерида палладия с примесью протия  $x = 0.050, 0.072$  и  $0.091$ , полученных под высоким давлением. Исследование  $\text{PdD}_{1-x}\text{H}_x$  показало, что наряду с обычно изучаемым пиком локальной моды легкой примеси (H), отщепленным от зоны оптических колебаний тяжелых атомов (D), внутри этой зоны возникает новая зона совместных колебаний атомов H и D. Интегральные интенсивности рассеяния нейтронов от зоны совместных колебаний и от локальной моды сопоставимы при сколь угодно малой концентрации H.

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

Руководитель – д.ф.-м.н. В.Е. Антонов

4. С целью выяснения природы перехода металл-диэлектрик (м/д), наблюдаемого в органическом соединении  $\text{Kappa}-(\text{BETS})_2\text{Mn}[\text{N}(\text{CN})_2]_3$  при  $T_{\text{мд}}=20\text{K}$ , проведены измерения статической намагниченности, магнитного вращающего момента и ЯМР. Обнаружено, что намагниченность соединения обусловлена магнетизмом электронных спинов  $\text{Mn}^{2+}$  ( $S=5/2$ ), причём при  $T>20\text{K}$  она следует закону  $C/(T+10\text{K})$ , что свидетельствует об антиферромагнитном характере взаимодействия. На полевых зависимостях магнитного вращающего момента обнаружены резкие скачкообразные изменения, исчезающие при  $T>T_{\text{мд}}$ , что указывает на магнитный фазовый переход при температуре м/д перехода. Резкое увеличение ширины линии ЯМР водорода, наблюдаемое при  $T<T_{\text{мд}}$ , указывает на возникновение в марганцевой подсистеме ближнего порядка (типа "спиновое стекло"). Таким образом, обнаружена корреляция в поведении транспортной и магнитной подсистем. В настоящее время выясняется связь наблюдаемых явлений.

Госбюджет

Руководитель – к.ф.-м.н. О.М. Вяселев.

5. С целью проверки выполнения зависимости Холла – Петча для значений твердости, предела текучести и предела прочности изготовлена серия наноламинатов  $\text{Nb}-(\text{NbTi})$  в виде лент одной толщины, но с толщиной слоев в диапазоне 140 - 12 нм. Полученные результаты показали, что в этом диапазоне все перечисленные свойства хорошо описываются зависимостью Холла – Петча, что подтверждает ранее установленный нами факт, состоящий в том, что механические свойства наноламинатов в этом диапазоне определяется только толщиной слоев и не зависят от способа их получения. Данные измерения критической плотности сверхпроводящего тока при двух направлениях внешнего магнитного поля для этих же наноламинатов показали рост анизотропии измеренных значений с уменьшением толщины слоев сверхпроводника до

12 нм. Сделано предположение о том, что толщина 12 нм соответствует корреляционному радиусу вихрей Абрикосова. Продолжено исследование механизмов пластической деформации наноламинатов Cu-Nb.

Госбюджет

Руководитель – член-корр. РАН Карпов М.И

6. Разработана методика химической очистки и получения компактного никеля высокой чистоты. Получены кристаллы высокочистого никеля с остаточным сопротивлением выше 4000. Произведена электронно-лучевая выплавка плоских магнетронных мишеней. Показана возможность комплексного химико-металлургического получения литых мишеней из высокочистого никеля. Предложена и опробована методика изготовления высокосовершенных монокристаллов вольфрама по схеме «деформация - отжиг». Показано, что наиболее благоприятной из возможных комбинаций «плоскость прокатки - ось роста» является (112)/<111>. Проведение деформации со степенью обжатия выше критической с последующим рекристаллизационным отжигом в вакууме позволяла получать подложки из монокристаллов вольфрама с плотностью дислокаций не более  $5 * 10^4 \text{ см}^{-2}$  и максимальным углом разориентации блоков мозаики не более 3-5 угловых минут. Ширина кривой качания на половине высоты для таких кристаллов была на уровне 50-60 угловых секунд. Монокристаллы вольфрама со столь высоким совершенством структуры представляют интерес также как мишени для исследования каналирования частиц высоких энергий, например протонов, в ядерной физике.

Госбюджет

Руководитель – д.т.н. Глебовский В.Г.

7. Продолжены исследования, связанные с получением электродов РЕФСКОТ, получением с помощью этих электродов электроискровых покрытий на различных сплавах металлов подгруппы железа. Проведено

исследование смачивания расплавом угольного шлака поверхности сплавов Stellite6 и стеллита A250, Установлено, что на воздухе, в атмосфере CO-CO<sub>2</sub> и в вакууме при температуре 1100°C не происходит смачивания расплавом угольного шлака поверхностей стеллитов, на которые были предварительно нанесены электроискровые покрытия, полученные с помощью изготовленных в ЛМ электродов из материала РЕФСΙΚΟΤ. Продолжены работы по изготовлению в лабораторных условиях электродов на основе материалов рефсик и рефсикот, исследование структуры и свойств полученных покрытий на углеродистых и чугунах, сплавах титана и нержавеющей сталях. Образцы предоставлены в НЦ «Курчатовский Институт» и на авиаремонтное предприятие в г. Екатеринбург. Продолжены исследования состава и структуры силицидов тугоплавких металлов с помощью метода масс-спектрометрии вторичных ионов. Разработана конструкция и изготовлены высокотемпературные нагреватели на основе силицидов тугоплавких металлов и карбида кремния с более высоким (на 25%) электросопротивлением. Методом масс-спектрометрии вторичных ионов установлена связь содержания углерода с технологическими параметрами синтеза силицидов. Получены образцы сталей для водородных топливных ячеек с лазерным покрытием из силицидов тугоплавких металлов. Продолжены работы по исследованию структуры и свойств электроискровых покрытий на сталях, чугунах и сплавах кобальта. Разработана технология и получены образцы титана с покрытием из карбида титана.

Госбюджет

Руководитель - к.т.н. Б.А. Гнесин

8. Исследовано влияние плотности мест зарождения кристаллов  $\alpha$ -Fe на эволюцию структуры богатых железом аморфных сплавов системы FeNbBSi при различных температурно-временных условиях их перехода из аморфного в кристаллическое состояние. Для формирования мест

зарождения кристаллов  $\alpha$ -Fe в сплавы вводились небольшие – 0.3, 0.6 и 1.0 ат. % – добавки меди. Впервые получены данные о кинетике роста выделений  $\alpha$ -Fe в сплавах, соответствующих по содержанию железа, ниобия, бора и кремния аморфным прекурсорам нанокристаллических сплавов типа «файнмет» (FINEMET), но при расстояниях между выделениями, существенно превышающих размер нанокристаллов в файнметах. Установлено, что ограничение роста кристаллов в файнметах связано с мягким (диффузионным) столкновением кристаллов друг с другом. Выявлены неизвестные ранее особенности начальных стадий кристаллизации сплавов с невысокой (по сравнению с файнметами) плотностью зародышей кристаллов  $\alpha$ -Fe. Наиболее интересные из этих особенностей связаны с формированием мест, благоприятных для зарождения, зарождением и ростом выделений сложных соединений. В своей совокупности, полученные при выполнении работы данные позволили уточнить существующие представления о механизмах формирования наноструктур в файнметах и возможностях управления лежащими в основе этих механизмов процессами.

Госбюджет.

Руководитель – А.В. Серебряков.

9. Впервые обнаружен и исследован новый способ получения графена. Образцы кубического карбида кремния, (001) поверхность которых обогащена кремнием, подвергались ряду циклических отжигов в сверхвысоком вакууме с увеличением температуры отжигов от 900°C до 1250°C. Экспериментальными методами доказано, что в результате термообработки на поверхности кубического карбида кремния образуется графен, который имеет толщину 1 - 3 монослоя. Исследована дисперсия заполненных электронных состояний, детальный анализ которой показал, что выращенный графен имеет гораздо меньшую энергию связи с данной подложкой, чем энергия связи графена с гексагональной подложкой  $\alpha$ -

SiC. Исследованный способ получения графена является пригодным для промышленного производства, т.к. использует дешевые, коммерчески доступные подложки кубического карбида кремния диаметром около 300 мм.

Госбюджет

Руководитель – д.ф.-м.н. В. Ю. Аристов

10. Обнаружена сверхбыстрая передача энергии электронных возбуждений, образованных в наночастицах галогенидов и оксидов редкоземельных и прочих металлов рентгеновским облучением, адсорбированным на них органическим люминофором. В результате такой передачи происходит многократное ускорение кинетики высвечивания подобных композитов без потерь излучаемой световой энергии. Так, время высвечивания наносцинтилляторов из фторида лютеция, легированного гадолинием, после связывания их с молекулами дифенилоксазола ускоряется в миллион раз (от одной миллисекунды до одной наносекунды). Для объяснения столь резкого ускорения привлекаются механизмы безизлучательной миграции возбуждений в наноструктурах посредством диполь – дипольного и обменно – резонансного взаимодействий. Установлено, что нанокластерная пересублимация сцинтилляционного бромида лантана создает поликристаллический бромид лантана с энергетическим выходом и кинетикой сцинтилляций на уровне рекордных параметров монокристаллов аналогичного состава.

Госбюджет. Программа РАН «Физика конденсированных сред».

Руководитель – к.ф.-м.н. Н.В.Класен

11. Проведены исследования влияния твердофазной аморфизации и последующей рекристаллизации на структурные и спектральные характеристики в ИК и видимой областях спектра молибдатов редкоземельных ионов. Предложен новый метод детектирования

оптических свойств при изменении структурного состояния в кристаллах, в которых фотолюминесценция не наблюдается на примере молибдата гадолия, легированного 0.5% Eu. Показано, что при отжиге монокристаллов ЕМО и GМО, подвергнутых воздействию высокого давления наблюдается сдвиг красной границы оптического поглощения в область больших энергий, что позволяет направленно изменять спектральные характеристики образца. Установлено, что при отжиге монокристаллов молибдатов европия и гадолия, подвергнутых барическим воздействиям, формирование  $\beta$ - фазы происходит при  $T \sim 500^\circ\text{C}$  на поверхности образца, в то время как образование  $\alpha$ - фазы наблюдается при  $T \sim 600^\circ\text{C}$  в объеме образца.

Госбюджет

Руководитель: д.ф.-м.н. Шмурак С.З.

12. Исследовано влияние технологических параметров на структуру и прочность эвтектических  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}\text{-ZrO}_2$  волокон, получаемых методом внутренней кристаллизации. Указанные волокна, в основном, нацелены на применение в жаропрочных композитах. Получаемые этим методом волокна кристаллизуются из расплава в каналах матрицы, вытягиваемой в холодную зону. Установлено, что с ростом скорости вытягивания характерный размер компонентов эвтектической структуры  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$  уменьшается, переходя в нанометровый диапазон. Подобный характер зависимости имеет и структура волокон  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}\text{-ZrO}_2$  состава, имея, однако, существенные особенности в виде образования неоднородностей двух масштабных уровней: собственно компонентов структуры указанного выше размера и колоний из них, размеры колоний могут на порядки превосходить характерный размер структуры. Проведенные испытания на прочность показали немонотонную зависимость прочности от скорости вытягивания с максимумом. Величина прочности волокон превышает 1000 МПа на длине 1мм. Применена специальная термообработка

волокон, которая позволяет увеличивать прочность волокон на десятки процентов.

Перспективными в качестве применений в жаропрочных композитах представляются также волокна, полученные на основе оксидов, включающих оксиды химических элементов лантаноидной группы. Впервые получен ряд волокон на основе исходных оксидов  $Al_2O_3+Re_2O_3+ZrO_2$ , где Re – элемент лантаноидной группы. Проведены испытания на прочность полученных волокон. Полученные волокна открывают новые возможности в оптимизации границы раздела волокно – матрица, существенно влияющей на поведение жаропрочных композитов под нагрузкой. Это позволит поднять температурный потолок применения таких материалов.

Модернизированы разработанные ранее и созданы новые программы для обработки результатов механических испытаний волокон.

Госбюджет.

Руководитель – С.Т. Милейко.

13. Установлено, что нанесение 5-амилтио-8-оксихинолина на поверхность макропористого полимера или углеродных нанотрубок приводит к увеличению сорбционной способности этих материалов по отношению к ионам Pd(II) и Mo(VI) при извлечении их из солянокислых растворов. Определена стехиометрия извлекаемых комплексов и константы распределения.

Определены оптимальные условия концентрирования Pd(II) и Mo(VI) из водных растворов и отделения их от избытка ионов переходных металлов с использованием в качестве сорбента углеродных нанотрубок, модифицированных 5-амилтио-8-оксихинолином.

Госбюджет.

Руководитель – д.х.н. А.Н. Туранов

14. Исследован состав расплава из области кристаллизации и ликвидуса фазовой диаграммы системы ВаО-СuO<sub>x</sub> в интервале 60.0-80.0 мол. % СuО при P(O<sub>2</sub>)=21 кПа. Установлено, что в исследуемом интервале расплав является структурированным и состоит из оксидов с кубической структурой ВаСuO<sub>2</sub> (Ва/Сu=0.80-0.96), тетрагональной ВаСu<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Ва/Сu=0.50-0.55) и моноклинной СuО. Отклонение от стехиометрического состава оксида ВаСu<sub>2</sub>O<sub>2</sub> проявляет себя на картинах ЭД в виде тяжелой диффузного рассеяния вдоль направлений [100] и [010]. Эти данные находят свое объяснение в существовании изоструктурных кластеров предположительного состава Ва<sub>2</sub>Сu<sub>3</sub>O<sub>3.5+x</sub>, являющихся продуктом диспропорционирования оксида ВаСu<sub>2</sub>O<sub>2+x</sub>, которые когерентно сращены со структурой ВаСu<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Наблюдаемые в области ликвидуса термические эффекты, сопровождаемые изменением кислородного содержания, связаны с кластерной структурой расплава и ее эволюцией при изменении температуры. По всей вероятности, кластеры нового оксида Ва<sub>2</sub>Сu<sub>3</sub>O<sub>3.5+x</sub> имеют непосредственное отношение к интеркаляционному процессу формирования оксида YBa<sub>2</sub>Сu<sub>3</sub>O<sub>6+δ</sub> в исследуемой области родственной фазовой диаграммы системы ВаО-СuO<sub>x</sub>.

Госбюджет.

Руководитель – д.х.н. Л.А. Клинова

15. Проведены модельные испытания серии криоаппликаторов погружного типа и новых моделей криодеструкторов со сменными активными наконечниками, Модельные испытания выполнены в воде и в геле, как средах близко воспроизводящих теплоподвод к активному наконечнику аппликатора в живом организме. Завершается сборка опытного образца портативного СВЧ генератора, предназначенного для работы с криогенной аппаратурой. Создан стенд для изучения

Госбюджет, Программа РАН «Фундаментальные науки - медицине».

Руководитель – д.ф.-м.н. Л.П. Межов-Деглин

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

16. Разработан метод описания кинетических явлений в полупроводниках с зонной спин-орбитой, в том числе в условиях, требующих учета квантования Ландау. С его помощью определены условия, необходимые для возбуждения спинового резонанса в 2D полупроводниковых структурах.

Госбюджет, программа РАН «Спинтроника»

Руководитель - к.ф.-м.н. В.М.Эдельштейн

17. Предлагается описание деталей спиновой инжекции через точечный контакт в условиях комбинированного резонанса.

Госбюджет, программа РАН «Спинтроника»

Руководитель - проф. В.Я.Кравченко

18. Методом декорирования визуализирована структура вихрей Абрикосова в монокристаллах высокотемпературных сверхпроводников BSCCO(2212) с регулярными решетками искусственных центров пиннинга (ЦП). ЦП (ямки диаметром менее 200 нм) создавались программируемым облучением тяжелыми ионами. В магнитных полях, когда периоды решеток были близки к межвихревым расстояниям, обнаружены сложные искажения вихревой структуры. В случае, когда межвихревое расстояние не совпадало с периодом ЦП, обнаружен захват нескольких квантов потока на центре пиннинга. Исследована вихревая структура в монокристаллах нового класса высокотемпературных сверхпроводников на основе пниктидов железа. Исследовались монокристаллы соединений, в которых изменялось легирование, как сверхпроводящего Fe-As слоя ( $Ba[Fe_{1-x}Co_xAs]_2$ ), так и промежуточных

слоев ( $K_xBa_{1-x}[FeAs]_2$ ). Основным результатом является обнаружение разупорядоченной вихревой структуры, которое не зависит от типа кристаллической структуры, допирования и методов синтеза. Это приводит к заключению о существовании внутренне присущего (intrinsic) механизма пиннинга в этих новых соединениях. Методом декорирования исследована также доменная структура двухслойных гибридных пленок: слабый ферромагнетик (CuNi)/сверхпроводник (Nb). Обнаружено влияние сверхпроводящего слоя на формирование доменной структуры в CuNi-слое, проявляющееся в изменении интервала магнитных полей, в котором наблюдается лабиринтная доменная структура с размером доменов  $\sim 100$  нм.

Госбюджет, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

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

19. С целью поиска технологичных латеральных микроструктур и выявления отличий в поведении простых и сложных соединений окислов переходных металлов в биполярном эффекте резистивных переключений (БЭРП) начато изучение гетеропереходов на основе пленок бинарных окислов. Приготовлены пленочные гетероструктуры на основе оксидов висмута ( $Ag/Vi_{2-x}O_{3-y}/Ag$ ), на которых успешно наблюдался БЭРП. Показан универсальный характер частотной зависимости эффекта резистивных переключений в широком классе соединений окислов переходных металлов, что доказывает существенную роль диффузионных процессов в наблюдаемом эффекте. Показано, что в результате резистивных переключений в гетероконтактах монокристалл легированного манганита - нормальный металл в поверхностном слое манганита реализуется фазово-расслоенная среда, резистивные и магнитные свойства которой можно значительно варьировать, изменяя параметры резистивных переключений.

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

Руководитель – к.ф.-м.н. Н.А.Тулина.

20. Исследованы структуры сверхпроводник/двумерный электронный газ (S/2DEG) на основе InGaAs-эпитаксиальных слоев и сверхпроводящих Nb электродов. Установлено, что в слабых магнитных полях при температурах ниже температуры сверхпроводящего перехода ниобия, холловское сопротивление существенно подавлено вблизи границы раздела. Проведено сравнение экспериментальных результатов с имеющимися теоретическими моделями, описывающими влияние андреевского отражения на электронный транспорт вблизи границы раздела сверхпроводник/двумерный электронный газ. Исследованы джозефсоновские структуры сверхпроводник (Nb)/ полупроводниковая нанопроволока (InN)/ сверхпроводник (Nb). Изучены зависимости джозефсоновского тока от температуры и магнитного поля. Установлено, что критический ток монотонно убывает с увеличением магнитного поля (отсутствуют интерференционные максимумы). Полученные экспериментальные результаты можно качественно объяснить в рамках теории эффекта близости, развитой для случая планарных джозефсоновских SNS структур с шириной N-канала порядка магнитной длины.

Госбюджет

Руководитель – к.ф.-м.н. И.Е. Батов.

21. Исследован продольный электронный транспорт в многослойных структурах ферромагнетик-сверхпроводник-ферромагнетик (FSF) на основе ферромагнитных пермаллоя (Py) и PdFe и сверхпроводящего ниобия. В трехслойных структурах Py/PdFe/Nb оценена критическая толщина слабоферромагнитного PdFe (с концентрацией железа 1%), ниже которой подавление сверхпроводимости в Nb начинает резко возрастать.

Полученная величина соответствует длине спиновой диффузии в PdFe. Рассматриваются два механизма подавления сверхпроводимости Nb-слоя: за счет непосредственного влияния спин-поляризованных электронов, проникающих из пермаллоя, и через наведенное «омагничивание» PdFe-слоя спин-поляризованными носителями.

Госбюджет

Руководитель – проф. В.В.Рязанов

22. Развита новый метод наблюдения гиромангнитных эффектов, основанный на локальном магнитном возбуждении мезоскопического проводника. В основе метода лежит возбуждение резонансных механических колебаний, индуцированных осциллирующей намагниченностью вызванной протеканием электрического тока через микроконтакт за счет ароновской щели (разности химических потенциалов электронов с различной спиновой проекцией, возникающая на интерфейсе ферромагнетик/немагнитный металл). Обнаружены низкочастотные (~1000 гц) гиромангнитные колебания. Наблюденный эффект открывает ряд новых возможностей для исследования проводников.

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

Руководитель – проф. В.С. Цой

23. Проведено магнитооптическое исследование кинетики зарождения и движения доменных границ в ультратонких ферромагнитных плёнках кобальта с перпендикулярной анизотропией в условиях приложения наклонного к легкой оси постоянного магнитного поля. Установлено, что активность асимметричных центров зарождения (количество зарождающихся асимметричных доменов) возрастает с увеличением величины плоскостной компоненты поля, независимо от ее направления. Обнаружен новый эффект асимметрии скорости движения доменной

границы при реверсировании перпендикулярной компоненты и неизменной плоскостной компоненте магнитного поля.

Госбюджет.

Руководитель – д.ф.-м.н., проф. В.И. Никитенко.

24. Исследованы особенности преобразования доменной структуры в отдельных ферромагнитных (ФМ) слоях с пространственно модулированной анизотропией, наведенной неоднородным обменным взаимодействием в нанокompозитных двухслойных структурах NiFeMoCu/NiMn с антиферромагнитным (АФМ) слоем в форме плоской решетки и в сверхрешетках Fe/Cr, соответственно. Установлено, что в свободных участках ФМ слоя за пределами АФМ сетки характерные значения полей, индуцирующих очередные стадии перемагничивания, оказываются различными для прямого и обратного полуцикла. Показано, что источником наблюдаемой асимметрии является магнитные заряды на искусственных доменных границах, разделяющих покрытые и непокрытые участки ФМ. В сверхрешетках выявлено влияние на характер перемагничивания отдельных ФМ слоев внутри- и межслоевого обменного взаимодействия в зависимости от номера слоя и однонаправленной обменной анизотропии на интерфейсе «ФМ/АФМ». Проведенные эксперименты демонстрируют также возможность управления процессами перемагничивания с помощью искусственно созданных граничных условий, что может быть использовано для понижения уровня шумов в устройствах спинтроники.

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

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

25. Выполнены исследования магнитного упорядочения лантан-стронциевых манганитов при изовалентном, дырочном и электронном допировании манганита с замещением ионов  $Mn^{+3}$  ионами  $Ni^{+2}$ ,  $Ti^{+4}$ . Установлено, что замещение  $0.075 Mn^{+3}$  приводит к изменению типа

структуры с R3c на Pnma, к появлению фазового расслоения на Pnma1 и Pnma2, к разительному изменению проводящих свойств манганита, к усилению эффекта колоссального магнитосопротивления и расширению температурного диапазона, где эффект наблюдается.

Обнаружено существование двух магнитных фаз в 20нм-плёнках  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\text{LaAlO}_3$ , реализующихся в зависимости от магнитной предыстории и условий охлаждения. Изучены стабильность фаз, кинетика перемагничивания, определены динамические характеристики перемагничивания вблизи комнатной температуры, установлен активационный характер перемагничивания, определены активационные объёмы, магнитная вязкость, скорости движения доменных границ, изучена природа магнитного последствия. Исследована трансформация магнитной доменной структуры плёнок  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\text{LaAlO}_3$  с температурой и трансформация структуры междоменных границ с температурой.

Госбюджет, Программа Президиума РАН "Квантовая физика конденсированных сред".

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

26. Исследованы температурные зависимости (1.5 К – 50 К) комплексной проводимости эпитаксиальных сверхпроводящих гетероструктур из изолирующего ( $\text{La}_2\text{CuO}_4$ ) подслоя толщиной 40 нм и верхнего металлического несверхпроводящего слоя ( $\text{La}_{1.55}\text{Sr}_{0.45}\text{CuO}_4$ ), толщиной 2 монослоя, в широком интервале частот: 2 - 30 МГц и 100 МГц - 1 ГГц. Обнаружено, что температурная зависимость мнимой части проводимости имеет излом, а действительная часть проводимости проходит через максимум при некоторой характеристической температуре  $T_{\text{вкт}}$ , которая растёт с увеличением частоты. Показано, что полученные особенности связаны с переходом Березинского – Костерлитца – Таулеса, при котором происходит спаривание вихрей и антивихрей в двумерном сверхпроводнике в пары.

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

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

27. Исследованы особенности акустической эмиссии в сплаве Al-3%Mg в зависимости от режима скачкообразной пластической деформации в условиях эффекта Портевена-ЛеШателье. Выявлен разный характер временной статистики для акустических импульсов разной длительности (степенной для импульсов с длительностями больше 100  $\mu$ s и экспоненциальный для более коротких). Показано, что при всех режимах наблюдается сильная корреляция акустических импульсов с длительностями больше 100  $\mu$ s со сбросами нагрузки. В то же время для коротких импульсов АЭ существует заметная корреляция (степень которой зависит от режима деформации) с величиной нагрузки, свидетельствующая о нарастании активности АЭ перед срывом.

Госбюджет.

Руководитель – к.ф.-м.н. Н.П. Кобелев

28. В сплаве Cu-0.17% Zr, подвергнутом равноканальному угловому (РКУ) прессованию, исследована анизотропия внутренних напряжений, а также их эволюция при температурной обработке. Показано, что, в отличие от чистой меди, понижение внутренних напряжений в сплаве наблюдается после термообработок при температурах 250-300  $^{\circ}$ C, т.е. примерно на 100 градусов выше температур, где происходит релаксация упругих характеристик. Это свидетельствует о том, что аномальное понижение упругих характеристик, наблюдающееся в металлах, подвергнутых РКУ обработке, не связано с высоким уровнем внутренних напряжений.

Госбюджет.

Руководитель – к.ф.-м.н. Н.П. Кобелев.

29. Обнаружено многократное ускорение кинетики высвечивания наноразмерных композитов из нанокристаллических сцинтилляторов и органических люминофоров. Так, при рентгеновском возбуждении время высвечивания нанокристаллического фторида лютеция, активированного гадолинием, составляет порядка одной миллисекунды, а в композите с дифенилоксазолом оно становится короче одной наносекунды, т.е. ускорение достигает миллиона раз. При этом заметного снижения интегральной интенсивности высвечивания не происходит. Кроме того, контакт неорганических наносцинтилляторов с органическими люминофорами устраняет длительное послесвечение, которое возникает во фторидных наносцинтилляторах при уменьшении их размеров.

Госбюджет, Программа РАН «Квантовая физика конденсированных сред».

Руководитель – к.ф.-м.н. Н.В. Классен

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

30. Исследованы нестабильности накачиваемой поляритонной моды на нижней поляритонной ветви в плоских полупроводниковых микрорезонаторах с InGaAs/GaAs квантовыми ямами в активной области в условиях резонансного возбуждения вблизи точки перегиба поляритонной дисперсионной кривой. Обнаружены гистерезисные петли в зависимостях электрического поля на квантовой яме,  $E_{QW}$ , и резонансной энергии возбуждаемой поляритонной моды,  $E_{LP}$ , от плотности возбуждения,  $W$ , причем эти петли сильно отличаются друг от друга. Так, развитие с ростом плотности возбуждения нестабильности, обусловленной нелинейностью возбуждаемого поляритонного осциллятора, приводит к скачкообразному росту и  $E_{QW}$  и  $E_{LP}$ . Скачкообразный рост  $E_{QW}$  переводит поляритонную систему в область сильной параметрической нестабильности относительно межмодового

рассеяния. Развитие параметрической неустойчивости ведет к перераспределению возбуждаемых поляритонов в импульсном пространстве и, следовательно, к резкому уменьшению поля в возбуждаемой моде, однако слабо влияет на ее резонансную энергию. Экспериментальные результаты качественно объяснены в рамках многомодовой модели оптического параметрического осциллятора, основанной на квазиклассических уравнениях Гросса-Питаевского.

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

Руководитель – проф. В.Д.Кулаковский

31. Исследована спиновая поляризация дырок в InGaAs квантовых ямах (КЯ) p-типа в GaAs/InGaAs светодиодах с  $\delta$ -слоем Mn в GaAs слое. Найдено, что при расположении  $\delta$ -слоя Mn на расстоянии 3-5 нм от КЯ степень поляризации дырок в магнитном поле  $B = 0.3 - 0.5$  Тл, перпендикулярном плоскости КЯ слабо зависит от температуры в широкой области температур  $T = 2-25$  К и достигает в этой области температур 15-20 %. Показано, что большая степень поляризации дырок обусловлена  $p-d$  обменным взаимодействием дырок в КЯ с магнитными моментами ионов Mn в ферромагнитном  $\delta$ -слое Mn, а отсутствие зависимости величины степени поляризации дырок от температуры связано с вырождением газа дырок в КЯ.

Госбюджет, Программа ОФН РАН Синтроника

Руководитель – проф. В.Д.Кулаковский

32. Проведено теоретическое исследование поляризационных свойств стимулированного рассеяния экситонных поляритонов в планарных полупроводниковых микрорезонаторах типа III-V. В рамках модели, сформулированной в квазиклассическом приближении среднего поля,

рассчитаны величины синего сдвига резонансной энергии для циркулярно поляризованных компонент экситонной плотности в зависимости от плотности возбуждения и от соотношения матричных элементов парного взаимодействия право- и лево-циркулярно поляризованных экситонов и найдена зависимость порога стимулированного рассеяния от степени линейной и циркулярной поляризации возбуждающего импульса. Предсказана возможность спонтанного нарушения симметрии  $\sigma^\pm$ -компонент поля в активном слое резонатора в условиях строго линейной поляризации когерентной накачки.

Госбюджет, Программа ОФН РАН «Сильно коррелированные электроны в твердых телах и структурах»

Руководитель – проф. В.Д.Кулаковский

33. Исследовано влияния электрических полей, возникающих в гетероструктурах 2-го типа ZnSe/BeTe в результате пространственного разделения фотовозбужденных носителей при высоких уровнях оптической накачки, на кинетику фотолюминесценции (ФЛ) в области прямых переходов. Показано, что в структурах с толщиной слоя ZnSe  $\leq 10$  нм кинетика ФЛ определяется формированием потенциального барьера для релаксации фотовозбужденной дырки из слоя ZnSe в слой BeTe. При бóльших толщинах слоя ZnSe  $\approx 15 \div 20$  нм кинетика ФЛ определяется существенным изменением излучательного времени жизни из-за уменьшения перекрытия волновых функций электронов и дырок в слое ZnSe при изгибе зон в сильных электрических полях. Наблюдаемые на эксперименте зависимости кинетика ФЛ в гетероструктурах ZnSe/BeTe от плотности фотовозбужденных носителей при различных толщинах слоя ZnSe находятся в хорошем согласии с выполненными численными расчетами.

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

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

34. Методом ИК отражения света показано, что кристаллы молибдата европия, аморфизованные с помощью высокого давления и затем отоженные на воздухе, содержат фазу высокого давления, исчезающую при температуре отжига 400°C, термодинамически равновесную  $\alpha$  фазу на поверхности кристалла и исходную  $\beta$  фазу (основная часть восстановленного кристалла).

Госбюджет.

Руководитель – к.ф.-м.н. А.В. Баженов

35. В результате исследования влияния температурной обработки на структуру и эмиссионные свойства опала, легированного эрбием, найдены оптимальные условия термической обработки для получения максимальной люминесценции эрбия при оптическом возбуждении. Методом КР и фотолюминесценции показано, что нанокристаллы SiC, синтезированные при карботермическом восстановлении сферических наночастиц аморфного SiO<sub>2</sub> кремния имеют симметрию 4Н с возможной примесью изомера 6Н. Обнаружен размерный эффект, а именно, низкочастотный сдвиг фононных частот в случае нанокристаллов SiC по сравнению с объемными кристаллами.

Госбюджет

Руководитель – к.ф.-м.н. А.В. Баженов

36. Методом фемтосекундной лазерной спектроскопии с зондированием суперконтинуумом исследована кинетика распада фотовозбужденного состояния монокристаллов висмута, сурьмы и теллура. Исследовано времяразрешенное рамановское рассеяние в висмуте и сурьме и показано наличие неравновесного фазового перехода при сильном возбуждении. Также проведены эксперименты по когерентному контролю фононов висмута в условиях гелиевых температур при варьировании в широких диапазонах интенсивности накачки. Обнаружено наличие трех характерных диапазонов: линейный, суперлинейный и сублинейный в

зависимости амплитуды осцилляций от интенсивности возбуждения. В суперлинейном диапазоне обнаружено наличие жесткости фазы осцилляций, свидетельствующее о реализации когерентного кристалла. Госбюджет.

Руководитель – д.ф-м.н. О.В. Мисочко

37. Методами инфракрасной спектроскопии и комбинационного рассеяния света исследована динамика решетки ZnO в зависимости от размера наностержней. Обнаружен размерный эффект и возникновение обертонов (вплоть до десятого) LO моды при резонансном возбуждении. Также методом фемтосекундной лазерной спектроскопии при возбуждении импульсами с длительностью 8 фс и длиной волны 400 нм исследована когерентная динамика ZnO. Обнаружено наличие комбинированных решеточно-плазмонных мод.

Госбюджет.

Руководитель – д.ф-м.н. О.В. Мисочко

38. Обнаружено, что скорость деградации гидридов фуллерена  $C_{60}H_x$  с содержанием водорода  $x$  от 36 до 60, обусловленной взаимодействием  $C_{60}H_x$  с кислородом воздуха, примерно в 10000 раз меньше в гидридах фуллерена, приготовленных при высоком давлении, по сравнению с гидридами, синтезированными химическими методами. Это обусловлено тем, что в первом случае гидриды представляют собой микрокристаллы, как показали рентгеновские измерения. Медленная диффузия кислорода в микрокристалл объясняет различие скоростей деградации. Измерения рентгеновской дифракции и ИК спектров пропускания монокристаллов  $C_{60}$ , выращенных на Земле и в космосе, показали что кристаллы, выращенные в условиях микрогравитации, содержат существенно меньшую концентрацию двойников и в два раза меньшую полуширину линий ИК поглощения фуллерита  $C_{60}$ . Это свидетельствует о более

высоком структурном совершенстве монокристаллов  $C_{60}$ , выращенных в космосе.

Госбюджет.

Руководитель – к.ф-м.н. А.В. Баженов

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

39. Экспериментально исследовано влияния легирования манганита лантана на размер частиц. Обнаружено, что легирование примесью приводит к уменьшению размера частиц. В нелегированном  $LaMnO_{3+\delta}$ , синтезированном методом золь-гель, средний размер частиц составляет 80 нм, тогда как в  $LaMn_{0.5}Fe_{0.5}O_3$  - 46 нм. Экспериментально исследованы особенности структурных превращений в  $La_{1-x}Sr_xMn_{0.98}Fe_{0.02}O_{3+\delta}$  ( $x = 0.05—0.30$ ) в зависимости от содержания Sr методами мессбауэровской спектроскопии и рентгеновской дифрактометрии. Определены области концентрации примеси стронция для формирования фаз  $PnmaII$ ,  $PnmaI$  и  $R-3c$ . Проведено сравнение особенностей формирования и подавления фаз в базовом соединении  $LaMn_{0.98}Fe_{0.02}O_{3+\delta}$  и в соединении, легированном стронцием  $La_{1-x}Sr_xMn_{0.98}Fe_{0.02}O_{3+\delta}$ , выявлены как общие закономерности структурных превращений, так и существенные различия между ними.

Госбюджет, Программа РАН “Свойства конденсированных сред”  
Руководитель – проф. В.Ш. Шехтман

40. Определена структура стабильного квазидвумерного органического металла  $\alpha$ - $(BEDT-TTF)_2[Mn_2Cl_5(H_2O)_5]$ , в котором найден магнитный полимерный анион галогенманганата нового типа  $[Mn_2Cl_5(H_2O)_5]^-$ . Двумерный характер проводимости подтвержден измерениями осцилляций Шубникова-де Гааза монокристаллов. Осцилляции, наблюдаемые при  $B > 10$  Т, характеризуются присутствием двух фундаментальных частот, соответствующих поперечным сечениям

поверхности Ферми в согласии с вычисленной на основе рентгеноструктурных данных электронной зонной структурой. Магнитные измерения выявили наличие антиферромагнитных корреляций в анионной подрешетке. Проведено рентгеноструктурное исследование при 100 К монокристаллов, полученных в реакции SMM (single molecular magnet) -  $Mn_{12}CHCl_2CO_2$  с периленом -  $(C_{20}H_{12})$ . Был открыт новый полиядерный комплекс состава:  $[Mn_6O_2(CHCl_2CO_2)_{10}(H_2O)_2(C_{20}H_{10}O_2)Mn_6O_2(CHCl_2CO_2)_{10}(H_2O)_2(C_{20}H_{10}O_2)](C_{20}H_{12})$ , в котором полиметаллические цепи чередуются с молекулами перилена (D). Полимерные цепи состоят из кластеров  $Mn_6O_2(CHCl_2CO_2)_{10}(H_2O)_2$ , связанных молекулами периленхинона (A). Молекулы D и A упакованы плоскость к плоскости в тримеры с межплоскостным расстоянием 3.4 Å. Супрамолекулярный мотив из  $Mn_6$ -кластеров и органических A-D-A тримеров имеет в кристалле поры размером  $\sim 2400 \text{ \AA}^3$  (что составляет около 26% от объема ячейки), которые образуют наноканалы.

Госбюджет, Программа Президиума РАН «Свойства конденсированных сред»

Руководитель: д.ф.-м.н. Р.П. Шibaева

41. Исследована трансформация геликоидальных структур и оптических спектров полярных жидких кристаллов в электрическом поле. В рамках теории Ландау фазовых переходов рассчитана раскрутка спиральных структур сегнетоэлектрических и антисегнетоэлектрических жидких кристаллов в ограниченной геометрии электрооптических ячеек. Показано, что при числе витков спирали меньше 40 при слабом и жестком сцеплении молекул с поверхностью ячеек раскрутка спирали происходит скачкообразно, с величиной скачка большей или равной полупериоду спирали. Исследована самоорганизация частиц в полярных жидких кристаллах. Обнаружено, что уменьшение энергии сцепления молекул жидкого кристалла с поверхностью частиц приводит к уменьшению

межчастичных расстояний в структурах, образованных частицами. Исследования представляют интерес для физики самоорганизующихся структур и применения полярных жидких кристаллов в электрооптических приложениях.

Госбюджет, программа РАН "Квантовая физика конденсированных сред"  
Руководитель - д.ф.-м.н. В.К. Долганов

42. Детально изучено образование и структура солитона в антисегнетоэлектрическом жидком кристалле в электрическом поле. Разработана теория квазижидкого слоя льда, основанная на объемном фазовом переходе I-го рода. Теория дает адекватное описание электрических и механических свойств приповерхностного слоя льда (поверхностная проводимость, трение, адгезия). Теоретически предсказан электрокалорический эффект в льде, специфика которого связана с неджоулевыми тепловыми эффектами (дополнительный нагрев или дополнительное охлаждение льда по отношению к джоулевскому нагреву) при пропускании электрического тока. Эффект может быть использован для разработки эффективных способов очистки от льда металлических конструкций.

Госбюджет, программа РАН «Квантовая физика конденсированных сред»  
Руководитель - к.ф.-м.н. И.А.Рыжкин

43. Исследовано влияние пластической деформации на изменение структуры в пределах аморфного состояния и ранние стадии кристаллизации аморфных сплавов на основе алюминия и никеля. Показано, что использование рентгеновского излучения с разной длиной волны и разных коллимационных параметров позволяет получить информацию об изменении среднего межатомного расстояния в аморфной структуре, вызванного деформацией материала. Установлено, что прокатка аморфных сплавов Pd-Ni-P приводит искажению первой координационной сферы («эллиптичности»), обусловленной неупругой

деформацией, которая может сохраняться в течение десятков часов. Начаты исследования влияния напряжений и деформации на формирование наноструктуры в сплавах на основе алюминия и показано, что при определенных условиях нанокристаллы могут формироваться даже при комнатной температуре.

Госбюджет,

Руководитель – к.ф.-м.н. Г.Е.Абросимова

44. Предложен новый метод измерения концентрации неравновесных вакансий и их комплексов в кремнии путем измерения методом DLTS электрически активных атомов никеля в узлах решетки кремния  $[Ni_s]$  после диффузии никеля при температурах  $500\div 650^\circ C$ . Показано, что концентрация  $[Ni_s]$  в глубине образца с хорошей точностью соответствует концентрации вакансий  $[V]_{init}$ , определенной стандартным методом, основанным на анализе профилей  $[Au_s]$  после диффузии золота с поверхности. Данный метод определения концентрации вакансий гораздо проще и эффективнее чем, стандартный метод, и позволяет использовать более низкую температуру и тепловой бюджет.

Методом емкостной спектроскопии глубоких уровней (DLTS) исследована электрическая активность дислокаций в зависимости от скорости движения дислокаций и времени отжига в монокристаллах Cz-Si и Fz-Si. Обнаружено, что концентрация глубоких C-дефектов на дислокациях увеличивается с увеличением времени отжига образца при температуре деформации в случае, когда дислокации не двигаются. Последующее движение дислокаций с большой скоростью приводит к сильному уменьшению концентрации C-дефектов. Полученные результаты обсуждаются в рамках образования примесных комплексов на дислокациях.

Госбюджет, программа РАН РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель – член-корреспондент РАН В.В. Кведер

45. Выполнены работы по изучению дислокационной люминисценции от дислокаций, образованных в результате диффузионной сварки («бондинга») пластин кремния с различным относительным поворотом вокруг нормального направления и прослойкой диоксида кремния на интерфейсе. Показано, что наибольшая эффективность излучения получена в образцах с относительным углом поворота в пределах 5 градусов.

Методом ЭПР и ФЛ исследовано образование термодоноров в образцах кремния с большим содержанием межузельного кислорода. Показано, что в отличие от бездислокационных образцов, где для образования термодоноров требуются длительные отжиги при температуре 400 – 600С, в пластически деформированных образцах термодоноры образуются после пластической деформации при температуре 950С за существенно более короткие времена.

Госбюджет, программа РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель – д.ф-м.н.. Э. А. Штейнман

46. Исследованы поликристаллические пленки карбида кремния, полученные разными методами. Показано, что морфология пленок, образованных в результате взаимодействия расплава или паров кремния с парами углерода, образовавшихся в результате расщепления углеводородов может изменяться в широких пределах с размерами кристаллитов от нескольких нанометров до сотен микронов. Показано, что в случае нанометровых кристаллитов в спектре люминесценции при комнатной температуре преобладает синяя полоса с максимумом около 430 нм. В случае образования кристаллитов с микронными размерами и больше в спектре низкотемпературной ФЛ доминирует красная полоса (600нм), которая гаснет при температуре выше 150К.

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

Руководитель – д.ф-м.н. Э. А. Штейнман

47. Методами фотолюминесценции (ФЛ) и нестационарной емкостной спектроскопии глубоких уровней (НСГУ) исследовались глубокие электронные состояния протяженных и точечных дефектов в германии р-типа, пластически деформированном при 450°С. Обнаружено, что прогрев деформированных образцов в широком (130-700С) интервале температур приводит к возрастанию относительной интенсивности гауссовых линий в спектрах ФЛ, которые соответствуют значениям ширины дефекта упаковки  $60^\circ$  дислокаций, отличным от равновесного значения  $\Delta_0=5\text{нм}$ . Определены параметры узкой линии, которая доминирует в спектрах НСГУ после деформации германия р-типа при 450°С: ионизационная энтальпия  $H=0.33\pm 0.02$  эВ и поперечное сечение захвата дырок  $S\sim 10^{-13}$  см<sup>2</sup>. В соответствии с литературными данными эти параметры соответствуют дважды отрицательно заряженным атомам меди в узлах  $\text{Cu}_s^{-2-}$ . Обнаружено, что прогрев деформированных образцов при температурах вблизи 500°С способствует значительному уменьшению концентрации атомов  $\text{Cu}_s^{-2-}$ , определенной методом НСГУ, вследствие диффузии междоузельных атомов меди к дислокациям и максимальному перераспределению интенсивности в спектрах ФЛ. Полученные результаты позволяют заключить, что взаимодействие атомов меди с дислокациями способствует появлению прямолинейных отрезков  $60^\circ$  дислокаций, загрязненных медью, и вследствие этого уширению спектра протяженных дислокационных состояний.

Госбюджет, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель – д.ф-м.н. Шевченко С.А.

48. В рамках гидродинамического подхода разработаны модели для анализа растворения включений на границе зерен и на дислокации. С помощью этих моделей впервые проанализированы данные о кинетике растворения включений свинца на границе зерен и на дислокации в алюминии. Оцененная вязкость границ зерен и дислокаций оказалась близка к вязкости жидкого алюминия. В рамках модели регулярного раствора предложен метод оценки предельной растворимости примеси в границе зерен.

Госбюджет

Руководитель – к.ф.-м.н. С. И. Прокофьев

49. Экспериментально исследовано проявление структурного фазового перехода и влияние его на движение индивидуальных некогерентных двойниковых границ одинаковой кристаллогеометрии в цинке. Впервые установлено, что структурный фазовый переход на некогерентной границе двойника происходит при  $T=350^{\circ}\text{C}$ . Зернограничная упорядоченная фаза некогерентной двойниковой границы превращается в неупорядоченную зернограничную фазу, типичную для большеугловых границ зёрен. Это приводит к кинетическим изменениям: с ростом температуры зернограничная подвижность возрастает более интенсивно, что находит своё выражение в изменении энтальпии активации движения. Изменение энтальпии активации свидетельствует о смене механизма движения.

Госбюджет

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

50. Проведены исследования особенностей атомной и электронной структуры методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии и спектроскопии поглощения с применением синхротронного излучения в плёнках и структурах пиридил-порфиринов, ТФП, и металлопорфиринов, полученных методом термического напыления *in situ* в вакууме.

Проведены расчеты молекулярных структур методом функционала плотности. Исследованы возможные условия для прямого металлизации (введения металла в молекулы) пиридил-порфиринов в сверхвысоком вакууме. Начаты работы по созданию установки для исследования сенсорных свойств полученных пленок оптическими и электрофизическими методами.

Госбюджет, Программа ОФН РАН «Новые материалы и структуры»

Руководитель – А.М. Ионов

51. Проведены экспериментальные и теоретические исследования тонких пленок фталоцианина марганца, выращенных *in situ* на поверхности Au (001)-5x20 и поверхности (0001) высоко ориентированного пиролитического графита (HOPG). Определены: ориентация молекул, их упорядочение, а также электронная структура (заполненные и пустые состояния). Полученные данные свидетельствуют о том, что слои фталоцианина марганца, осажденные на поверхность Au (001) являются высоко упорядоченными и имеют квадратную элементарную ячейку, ориентированную вдоль осей [110] и [1-10] поверхности золота. При осаждении на HOPG (0001) молекулы фталоцианина марганца располагаются параллельно поверхности, но не имеют предпочтительной ориентации.

Работа проведена впервые в мире и имеет значение для разработки приборов спинтроники и молекулярных магнитов.

Госбюджет

Руководитель – д.ф.-м.н. В. Ю. Аристов

52. Изучено влияние объемной и поверхностной поляризаций на упругие характеристики нанопленок со слоевым (смектическим) молекулярным упорядочением. Измерения проведены на пленках толщиной от 5 до 15 молекулярных слоев в широком интервале величин поляризаций (от 0 до  $60 \text{ нКл/см}^2$ ). Показано, что эффективная упругость продольного изгиба

двумерного поля молекулярного упорядочения пленок квадратично зависит от поляризации. Изменение поляризации приводит к кардинальной трансформации топологических дефектов. Обнаружено, что увеличение поляризации пленки до  $20 \text{ нКл/см}^2$  приводит к переходу от круговой к радиальной структуре дефектов с топологическими зарядами +1. Полученные результаты существенны для понимания взаимосвязи структуры нанопленок и поляризации, представляют практический интерес при конструировании систем отображения информации с использованием полярных жидких кристаллов.

Госбюджет, программа РАН "Квантовая физика конденсированных сред"  
Руководитель - д.ф.-м.н. В.К. Долганов

53. В рамках общей задачи изучения вопросов строения и свойств многокомпонентных ионных комплексов на основе фуллеренов были проведены рентгеноструктурный анализ и исследования физических свойств 3 новых кристаллов. Установлено, что ионный комплекс фуллерена  $(\text{MQ}^+) \cdot (\text{C}_{60}^{\bullet-}) \cdot \text{TPC}$ , где  $\text{MQ}^+$  - катион метилхинукледина, а TPC – нейтральная молекула триптицина, содержит плотноупакованные слои из анионов фуллеренов, чередующиеся со слоями из  $\text{MQ}^+$  и TPC. Молекулярные орбитали фуллеренов перекрываются мало и не образуют достаточную для металлической проводимости энергетическую зону. Локализованные спины проявляют антиферромагнитное взаимодействие в температурном интервале 50-300К. В комплексе  $(\text{DMI}^+)_3 \cdot (\text{C}_{60}^{\bullet-}) \cdot (\Gamma)_2$ , где  $\text{DMI}^+$  - катион диметилимидазола, наблюдается случай 2H-типа структуры фуллереновой подрешетки. Короткие расстояния как в слое, так и между слоями фуллереновых молекул способствуют эффективному взаимодействию между спинами  $\text{C}_{60}^{\bullet-}$ , а треугольная симметрия упаковки делает это взаимодействие фрустрированным. Охарактеризована структура нового комплекса с  $\sigma$ -димером фуллерена,  $\sigma\text{-(C}_{70}^{\bullet-})_2$ :  $[\text{ZnTPP} \cdot (\text{TMP}^+)]_2 \cdot (\text{C}_{70}^{\bullet-})_2$ , где ZnTPP – тетрафенилпорфирин цинка, а  $\text{TMP}^+$

- катион триметилпиперазина, в котором, как ожидается, диамагнитный  $\sigma$ -димер находится в приграничной области перехода к бирадикальному  $\pi$ -димеру.

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

Руководитель: – к.ф.-м.н. С.С. Хасанов

54. На основе численного решения уравнения Лапласа исследованы профильные кривые малых менисков расплава, характерные для процессов выращивания волокон и капилляров по способу Степанова. Разработана методика определения высоты мениска и угла контакта профильной кривой мениска с рабочими кромками формообразователя в зависимости от заданного радиуса кристалла и формообразователя и внешнего статического давления, определен диапазон возможных углов контакта мениска с краем формообразователя. Показано, что профильные кривые малых менисков, обеспечивающие стационарный рост капилляра или волокна, имеют значительно бóльшие модули углов контакта с рабочими кромками формообразователя, чем соответствующие «большие» мениски. Найдены оптимальные соотношения между размерами волокна или капилляра и размерами рабочей поверхности формообразователя, обеспечивающие стационарный рост кристаллических волокон и капилляров.

Госбюджет

Руководитель – к.ф.-м.н. С.Н.Россоленко

55. В кристаллах профилированного сапфира с помощью электроннооптического исследования и микрорентгеновского анализа изучены структура и химический состав микровключений (центров рассеяния), значительно ухудшающих оптическое качество кристаллов. Установлено, что в основном центры рассеяния с характерным размером 0,1 – 5 мкм представляют собой включения аморфного алюминия,

появляющемся в расплаве  $Al_2O_3$  в следствии его диссоциации и связывания кислорода углеродом, содержащимся в газовой среде камеры установки.

Госбюджет

Руководитель – член-корреспондент РАН Бородин В. А.

56. Выполнены экспериментальные исследования формы стационарных спектров капиллярной турбулентности на поверхности жидкого водорода и гелия в зависимости при различных характеристиках возбуждающей силы: от гармонической силы до спектрально широкой шумовой возбуждающей накачки. На поверхности сверхтекучего гелия при возбуждении гармонической накачкой впервые наблюдается накопление энергии вблизи высокочастотного края инерционного интервала, выражающееся в появлении локального максимума на Колмогоровском распределении. Максимум наблюдается только при умеренных уровнях накачки, а его положение на шкале частот зависит от амплитуды и частоты возбуждающей силы. Предложена теоретическая модель, объясняющая наблюдаемые экспериментальные результаты. Экспериментально показано, что в области диссипации энергии частотная зависимость турбулентного распределения определяется спектральной характеристикой возбуждающей силы. При возбуждении гармонической силой турбулентный каскад затухает на высоких частотах значительно быстрее, чем при накачке в широкой полосе.

Госбюджет, Программа РАН «Квантовая физика конденсированных сред».

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

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

57. На модельных образцах ТОТЭ с  $\text{Sr}_{0,75}\text{Y}_{0,25}\text{Co}_{0,5}\text{Mn}_{0,5}\text{O}_{3-\delta}$  катодами обладающими высокой ионно-электронной проводимостью обнаружено возникновение токовой неустойчивости. Показано, что появление осцилляций потенциала имеет резкий порог, чувствительный к парциальному давлению кислорода в катодной камере. Напряжение на ТОТЭ осциллирует на чётко выраженной частоте, зависящей от толщины катода. В импедансном спектре образца явление токовой неустойчивости сопровождается появлением аномальной низкочастотной индуктивной петли, которую можно описать LC-контуром с потерями. Собственная частота такого LC-контура соответствует частоте осцилляций потенциала при гальваностатических измерениях. Увеличение тока нагрузки приводит к появлению не только гармоник основной частоты осцилляций  $f_k=f_0 \cdot 2^k$ , но также колебаний на частотах с общей формулой  $f_n=f_0/2^n$ .

Госбюджет, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель: чл.-корр. РАН В.В.Кведер.

58. Исследована самодиффузия кислорода в материалах со смешанной ионно-электронной проводимостью. Измерены коэффициенты самодиффузии кислорода, а также константы поверхностного обмена с газовой фазой кислорода у катодных материалов  $\text{La}_{0,75}\text{Sr}_{0,25}\text{MnO}_{3-\delta}$  (LSM 0,75),  $\text{La}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{MnO}_{3-\delta}$  (LSM 0,8) и  $\text{Sr}_{0,75}\text{Y}_{0,25}\text{Co}_{0,5}\text{Mn}_{0,5}\text{O}_{3-\delta}$  (SYCM). Показано, что коэффициенты диффузии в SYCM превосходят аналогичные значения в LSM на 7(!) порядков и лишь на порядок уступают этому показателю в YSZ (оксид циркония, стабилизированный 8÷10 мол. % оксида иттрия), использующимся в качестве твёрдого электролита в ТОТЭ. Это свидетельствует о значительно большей величине ионной проводимости материала SYCM по сравнению с LSM. Показано, что процессы переноса заряда, проходящие в катодах

электрохимических ячеек на переходе анионный проводник (YSZ) – электронный проводник NiO сопровождаются протеканием окислительно-восстановительных реакций двух типов. Показано, что формирование наноструктурированной границы ионный проводник (YSZ, 10Sc1CeSZ) – электронный проводник (Ni) не только увеличивает поверхность реакции, но и существенно увеличивает каталитическую активность анодов ТОТЭ. Нам удалось существенно улучшить мощностные характеристики ТОТЭ, искусственно создавая наноразмерные частицы Ni в структуре анода с помощью метода импрегнации, что привело к существенному росту электрохимической активности Ni/YSZ анода и к улучшению ВАХ и мощностных характеристик лабораторных образцов ТОТЭ.

Госбюджет, Программа ОФН РАН «Физика новых материалов и структур», Программа Президиума РАН «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и нано-материалов»

Руководитель – д.ф.-м.н. С.И.Бредихин

59. Рассмотрена проблема диффузионно-контролируемой эволюции системы остров частиц А - остров частиц В в полубесконечной среде при распространении резкого фронта аннигиляции  $A+B \rightarrow 0$  при равных подвижностях частиц. Показано что в зависимости от отношения начальных чисел частиц в островах система демонстрирует три асимптотических режима: самоускоряющийся коллапс одного из островов, синхронную степенную релаксацию обоих островов, и экспоненциальную гибель одного из островов с постоянной скоростью распространения фронта. Найдены асимптотические скейлинговые законы эволюции в этих режимах и выявлены пределы их применимости для среднеполевого и флуктуационного фронтов.

Получено точное асимптотическое решение задачи о диффузионно-контролируемой эволюции системы остров А - остров В в полубесконечной среде для общего случая произвольного соотношения

подвижностей частиц. Это элегантное аналитическое решение описывает автомодельную эволюцию системы остров-остров при равных числах частиц спадающих по степенному закону с неуниверсальным показателем который однозначно определяется самосогласованным условием отбора скорости фронта и в зависимости от соотношения подвижностей частиц меняется в широких пределах. В рамках квазистатического приближения найдены нетривиальные законы роста ширины фронта которые определяют пределы применимости представленного решения.

Госбюджет

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

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

60. Исследована зависимость сверхпроводимости монокристаллического образца сплава  $\text{Fe}_{1.02}\text{Se}$  от давления в интервале от атмосферного до 7,0 ГПа. Впервые обнаружен фазовый переход при  $P=0,5$  ГПа со скачком  $T_c$  от  $\sim 6$  К в исходной фазе до 25 К в фазе высокого давления. Авторы предыдущих статей не зафиксировали этот фазовый переход, т.к. они проводили измерения на поликристаллических образцах и неправильно интерпретировали свои результаты.

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

Руководитель – проф. Е.Г. Понятовский

61. Проведено рентгеноструктурное исследование циркония при давлениях до 70 ГПа с использованием алмазных наковален и синхротронного излучения. Подтверждены структурные фазовые переходы ГПУ  $\rightarrow \omega \rightarrow$  ОЦК. Построены зависимости параметров решетки и объема  $\omega$  и ОЦК фаз от давления. Заявленный в литературе

изоморфный переход в сверхпроводящей ОЦК фазе при давлении около 56 ГПа не выявлен.

Госбюджет

Руководитель – к.ф.-м.н. И.О. Башкин.

62. Исследовано влияние давления до 90 кбар на структуру исходно монокристаллических образцов  $Gd_2(MoO_4)_3$ ,  $Tb_2(MoO_4)_3$  и  $Sm_2(MoO_4)_3$ . У всех образцов произошел переход в структурно-неоднородное состояние, в котором можно выделить два типа различных областей: доминирующая аморфноподобная часть, в которой полностью отсутствует дальний порядок, и минорная кристаллическая часть. Калориметрические исследования показали, что при нагреве образцов в температурном диапазоне 520-650С наблюдается значительное тепловыделение, связанное с рекристаллизацией. Исследовано поведение электрических свойств монокристаллического образца метастабильной  $\beta'$  фазы  $Gd_2(MoO_4)_3$  при гидростатических давлениях до 90 кбар. Найдено, что с ростом давления электросопротивление понижается и претерпевает скачок в области фазового перехода при  $\sim 30$  кбар.

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

Руководитель – к.ф.-м.н. В.В. Сеницын

63. В системе  $H_2O-H_2$  волюмометрическим методом при давлениях водорода до 8 кбар изучены плавление и кристаллизация гидрата С1 (лед II с растворенным молекулярным водородом). Полученная барическая зависимость температуры плавления гидрата С1 близка к измеренной ранее методом ДТА. Кристаллизация происходит при температурах на несколько градусов ниже плавления, одновременно с кристаллизацией метастабильных фаз льда без водорода. Синтезированы образцы фазы С1 при давлении водорода 20 кбар и комнатной температуре с последующей

закалкой под давлением до температуры жидкого азота. Рентген-дифракционное исследование при атмосферном давлении показало, что закаленная фаза С1 имеет тот же молярный объем, что и лед II без водорода. Содержание водорода в образце С1 фазы, измеренное методом термодесорбции, составило 1.5 вес.%.

Госбюджет.

Руководитель – к.ф.-м.н. В.С. Ефимченко

64. Исследовано влияние временной релаксации исходного состояния метастабильной фазы высокого давления  $(\text{GaSb})_{76}\text{Ge}_{24}$  на процесс ее аморфизации при отогреве образца на столе нейтронного дифрактометра D20 в ИЛЛ (Гренобль). Установлено, что длительная релаксация приводит к преждевременной частичной аморфизации и кристаллизации сплава (до 8%) с резким удвоением этой доли при температуре 530 К, что на 70 градусов ниже температуры кристаллизации основного аморфного состояния. Эти эффекты “заражения” и преждевременной частичной кристаллизации свидетельствуют о неоднородности исходного и аморфного состояний, что объясняет аномальный характер тепловыделения при аморфизации сплава. Растворимость германия является дополнительным маркером этой неоднородности.

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

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

65. Впервые экспериментально обнаружен и исследован переход от неполного смачивания к полному на малоугловых (дислокационных) границах зерен в системе Cu–Ag. Показано, что это превращение происходит на малоугловых границах при более высокой температуре, чем на границах с большими углами разориентации. В системе Al–Zn исследован переход от неполного смачивания границ зерен расплавом к

полному. Впервые обнаружено, что на границах в цинке этот переход – непрерывный (второго рода), а на границах в алюминии – первого рода. С помощью дифференциальной сканирующей калориметрии впервые обнаружено, что линия зернограничного солидуса (когда происходит образование жидкоподобной прослойки на границах) лежит в системе Al–Zn на 10-15 °С ниже линии объемного солидуса.

Госбюджет

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

66. Разработанная 3D стыковая модель использована для моделирования роста зерен в трехмерном поликристалле. Результаты сравниваются с предсказаниями различных аналитических моделей. Показано, что согласие наблюдается только в предположении бесконечной подвижности тройных стыков границ зерен.

Госбюджет

Руководитель – проф. Л.С. Швиндлерман

67. Отработана технология получения нанокристаллических порошков титаната бария методом термолиза раствора-расплава нитратов металлов в нитрате аммония. Проведены рентгеновские дифрактометрические исследования в интервале 4.2-300К структурных изменений порошков чистого титаната бария его композита, состоящего из смеси порошка титаната бария размером зерна 30 нм в эпоксидной матрице на основе клея ЭДП. Показано, что и чистые порошки титаната бария, и композитные образцы титаната бария с размером кристаллитов 30 нм имеют при комнатной температуре кубическую решетку. Было обнаружено, что дифрактограммы как чистых порошков, так и композита титаната бария в области 70-100 К характеризуются присутствием не наблюдавшихся ранее отражений, типичных для известных фазовых состояний монокристаллических образцов чистого титаната бария.

Обнаружено стимулирующее влияние мощных потоков рентгеновского излучения на фазовые переходы в монокристаллах титаната бария.

Госбюджет

Руководитель – д.ф.-м.н. И.М.Шмытько

68. При температурах от 20 до 610°С изучены температурные зависимости диэлектрической проницаемости, проводимости и спонтанной электрической поляризации монокристаллического образца метаванадата натрия  $\text{NaVO}_3$  вдоль полярной оси [010]. При нагревании до 500°С диэлектрическая проницаемость возрастает на три порядка, а проводимость – на пять порядков. Спонтанная поляризация не исчезает вплоть до температуры 610°С, которая всего на 28°С ниже температуры плавления. При температурах выше 320°С сильное влияние на поляризацию оказывают тепловые флуктуации. Температурная зависимость поляризации сильно зависит от предыстории образца и изменяется при термоциклировании. Выдержка  $\text{NaVO}_3$  при комнатной температуре в разомкнутом состоянии в течение суток приводит к релаксации электрической подсистемы и установлению небольшой (несколько нКл/см<sup>2</sup>) спонтанной поляризации, которая всегда параллельна полярной оси и всегда имеет один и тот же знак.

Госбюджет.

Руководитель – д. ф.-м. н. Б.К.Пономарев

69. Продолжено исследование структуры сплавов Cu-Zn при воздействии высокого давления с помощью алмазных наковален при использовании синхротронного излучения. Для фазы CuZn с исходной ОЦК структурой установлен переход в низкосимметричную сложную структуру, характеризуемую несоразмерным периодом смещения атомов по отношению к базовой ячейки. Построена конфигурация зон Бриллюэна вблизи поверхности (сферы) Ферми, свидетельствующая о повышении степени заполнения Бриллюэновского полиэдра электронными

состояниями для фазы высокого давления по отношению к исходной ОЦК фазе от 0.75 до 0.81. Этот эффект, сопровождаемый увеличением числа плоскостей Бриллюэна вблизи поверхности Ферми, является фактором проявления механизма Юм-Розери для устойчивости фаз высокого давления простых металлов.

Госбюджет.

Руководитель – д.ф.-м.н. В. Ф. Дегтярева

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

70. В системе двумерных электронов методом неупругого рассеяния света обнаружена и исследована антифазная магнитоплазменная мода. В отличие от синфазной магнитоплазменной моды, новое возбуждение имеет чисто квантовую природу и не имеет классического аналога. Обнаружено, что вырождение классической и квантовой мод, предсказанное теоретически в первом порядке теории возмущений, снимается в эксперименте и эти моды оказываются расщепленными по энергии даже при нулевом импульсе. Величина обнаруженного расщепления не зависит от магнитного поля и определяется экситонным ридбергом, что хорошо согласуется с теоретическими вычислениями, полученными во втором порядке теории возмущений.

Исследованы спектры люминесценции из широкой одиночной квантовой ямы GaAs/AlGaAs, содержащей два близких электронных слоя с неравными концентрациями. Показано, что в сильных перпендикулярных магнитных полях такая система испытывает перераспределение электронной плотности между слоями. Интенсивности и энергии линий рекомбинации электронов из каждой подзоны осциллируют с единой частотой по обратному магнитному полю, которая соответствует суммарной плотности носителей заряда в яме. Четные факторы заполнения по суммарной плотности, наблюдающиеся в сильном

магнитном поле, реализуют два типа симметрий в изначально разбалансированной двуслойной системе. При факторах заполнения вида  $4N$  ( $N=1,2,3..$ ) оба электронных слоя содержат одинаковое число электронов, при этом наблюдаются гигантские значения энергии межподзонного расщепления, составляющие величины порядка циклотронной энергии электрона в данном магнитном поле.. Напротив, на факторах заполнения вида  $4N+2$  энергии подзон практически сравниваются. Предложена наглядная полуколичественная модель явления, описывающая отмеченные свойства динамики двуслойной системы в сильных магнитных полях.

Госбюджет, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель – член-корреспондент РАН И.В.Кукушкин

71. В режиме гигантских осцилляций магнитосопротивления двумерных электронов, индуцированных микроволновым излучением, проведен сравнительный анализ магнитополевых зависимостей проводимости двумерной электронной системы при бесконтактных и контактных измерениях. Бесконтактная методика исследования проводимости двумерных электронов основана на измерении затухания высокочастотного сигнала, распространяющегося вдоль копланарного волновода, литографически нанесенного на поверхность образца. Обнаружено, что шубниковские осцилляции проводимости наблюдаются в обеих методиках, однако индуцированные гигантские осцилляции магнитосопротивления проявляются лишь при контактных измерениях (рис.). Обнаруженное противоречие, а также отсутствие осцилляций магнитосопротивления в оптических экспериментах указывает на то, что для наблюдения индуцированных осцилляций магнитосопротивления важную роль играют контактные и/или краевые области двумерной системы, в которых имеется сильный градиент потенциала.

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

Руководитель – член-корреспондент РАН И.В.Кукушкин

72. Впервые измерена дисперсия щелевых возбуждений в режиме дробного квантового эффекта Холла и обнаружены ротонные минимумы. Для разных дробных состояний лафлиновской жидкости измерены ротонные щели, а также ротонные массы. Для измерения дисперсии возбуждений при больших импульсах нами был разработан метод комбинированного акусто - микроволнового резонанса, с помощью которого исследована также дисперсия композитных фермионов вблизи полуцелого фактора заполнения. Установлено, что при дробных факторах заполнения наблюдается резонансное увеличение циклотронной энергии композитных частиц, которое сопровождается значительным уменьшением ширины резонанса. Обнаруженные осцилляции указывают на значительные корреляции между Композитными Фермионами, взаимодействие между которыми считалось слабым. Показано, что осцилляции в дисперсии Композитных Фермионов исчезают при повышении температуры от 50 мК до 400 мК, а также при отклонении фактора заполнения от лафлиновского значения.

Госбюджет, Программа ОФН РАН «Сильно коррелированные электронные системы»

Руководитель – член-корреспондент РАН И.В.Кукушкин

73. В спектрах неупругого рассеяния света обнаружена и исследована циклотронная спин-флип мода, чья энергия как функция фактора заполнения имеет выраженный максимум при  $\nu_{\square} = 1/3$  и качественно следует соответствующей зависимости степени спиновой поляризации. Измеренная величина энергии возбуждения существенно превышает значение, рассчитанное теоретически в рамках одномодового приближения. В работе рассматривается учет двухэкситонных компонент

в структуру циклотронной спин-флип моды и показывается существенность таких поправок для адекватного описания возбуждения.

Госбюджет, Программа ОФН РАН «Спинтроника»

Руководитель – член-корреспондент РАН И.В.Кукушкин

74. Метод емкостной спектроскопии адаптирован для проведения термодинамических измерений в электронных системах с сильным взаимодействием, в частности, в условиях дробного квантового эффекта Холла (ДКЭХ). Продемонстрировано, что температурная зависимость скачка химического потенциала в условиях (ДКЭХ) несет информацию о спектре элементарных возбуждений. Проведено сравнение полученных экспериментальных результатов с моделью композитных фермионов. Обнаружено согласие между моделью и экспериментальными данными по всем позициям за исключением зависимости величины спектральной щели от знаменателя дроби.

Выполнены транспортные и термодинамические измерения па системах с сильным взаимодействием. Продемонстрировано, что критические параметры в различных системах действительно коррелируют с отношением характерной потенциальной энергии к энергии Ферми.

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

Руководитель - проф. Долгополов В.Т.

75. Исследовано взаимодействие спинов ядер в InP/InGaP квантовых точках (КТ) со спином локализованного в КТ электрона. Показано, что в заряженной КТ можно поляризовать ядра In с помощью циркулярно поляризованного оптического возбуждения за счет взаимодействия ядерных спинов с локализованным в КТ поляризованным электроном. Найдено, что при возбуждении InP/InGaP КТ  $\sigma^+$  поляризованным светом между спиновой поляризуемостью электронов и ядер образуется

положительная обратная связь, а при возбуждении  $\sigma^-$  поляризованным светом – отрицательная. Обнаружен гистерезис в зависимости степени поляризации ядер в КТ от плотности возбуждения. Ядерная спиновая бистабильность наблюдается как в положительно, так и в отрицательно заряженных КТ. В режиме сильной положительной обратной связи, реализующейся в условиях, когда ядерное поле приводит к компенсации внешнего поля, в отрицательно заряженных КТ достигнута 45% степень поляризации ядер при нерезонансном оптическом возбуждении.

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

Руководитель – проф. В.Д.Кулаковский

76. В дырочных каналах полевых транзисторов на поверхности Si (110) исследовано влияние параллельной каналу компоненты магнитного поля на биения осцилляций Шубникова – де Гааза, возникающие вследствие снятия спинового вырождения в асимметричной потенциальной яме. Обнаружено изменение фактора заполнения уровней Ландау, соответствующего положению узла осцилляций, при изменении параллельной компоненты поля. При малых углах между направлением магнитного поля и нормалью к каналу сдвиг узла имеет разный знак для ориентаций параллельной компоненты вдоль кристаллических осей [1-10] и [001], причем во втором случае зависимость сдвига узла от величины угла наклона поля является немонотонной с максимумом при угле наклона около 55 градусов. Полученные результаты демонстрируют влияние параллельной каналу компоненты магнитного поля на зеемановское расщепление в подзоне размерного квантования тяжелых дырок, причем это влияние имеет кристаллическую анизотропию, как это было недавно предсказано теоретически.

Госбюджет, программа ОФН РАН «Спинтроника»

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

77. Изучено формирование поверхностной фазы Ag на поверхности скола монокристалла InSb(110), с помощью дифракции медленных электронов (ДМЭ) и Ожэ спектроскопии. Обнаружено, что напыление ультратонких слоев серебра с покрытием от 0.005 монослоя (МС) на поверхность InSb при низких температурах (35 К), приводит к резкому росту проводимости с увеличением покрытия, достигая насыщения при 0.01 монослоя.

С помощью Ожэ спектроскопии и дифракции медленных электронов исследовано формирование пленок графена на поверхности 6H-SiC(0001) сублимацией при 1400°C. AFM исследования показали, что при этом формируются очень мелкие зерна графена, размером 30-200 нм, что затрудняет измерения их электронных транспортных свойств. Поэтому, дальнейшие исследования направлены на получении графена при отжиге 6H-SiC(0001) в атмосфере аргона

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

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

78. Экспериментально исследована спиновая восприимчивость и поле полной спиновой поляризации в кремниевых полевых структурах (111). Продемонстрировано, что противоречивые результаты, публиковавшиеся ранее, обусловлены заполнением разного числа долин при разных электронных плотностях и различной степени спиновой поляризации.

Начаты эксперименты по установлению роли «горячих» электронов в процессах установления равновесия между краевыми каналами с различной спиновой ориентацией электронов.

Госбюджет, Программа ОФИ РАН «Спиновые явления в твердотельных наноструктурах и спинтроники».

Руководитель - проф. Долгополов В.Т.

79. Проведены исследования особенностей роста ультратонких слоев свинца и гадолиния на вицинальных поверхностях кремния Si(hhm) в интервале покрытий 0-10 монослоев. С помощью сканирующей туннельной микроскопии показано, что рост свинцового покрытия на поверхности Si(557) соответствует модели Странски-Крастанова с расслаиванием островков свинца на слои толщиной примерно 7 монослоев. Наблюдаемое в эксперименте расслаивание островков свинца объяснено в рамках модели «электронного роста». С помощью низкотемпературной (4.3 К) сканирующей туннельной микроскопии и спектроскопии в условиях сильных магнитных полей проведены исследования особенностей сверхпроводящего состояния в наноструктурах свинца на вицинальной поверхности Si(111). Показано, что в островках свинца с характерными размерами  $110 \times 110 \times 5.5 \text{ нм}^3$  в зависимости от величины магнитного поля ( $H < 1 \text{ Т}$ ) возможны два различных сверхпроводящих состояния: одно- и безвихревое.

Госбюджет, Программа РАН «Квантовая физика конденсированных сред»  
Руководитель – проф. С.Н. Молотков

### **Новые материалы и структуры**

80. Проведены исследование методами рентгенографии, высокоразрешающей и просвечивающей электронной микроскопии влияния интенсивной пластической деформации (ИПД) на структуру аморфных сплавов систем Fe-B-Si и Fe-B. ИПД осуществлялась методом кручения под давлением 4 ГПа при разных температурах. Величина деформации менялась в пределах от  $\varepsilon = 4$  до  $\varepsilon = 7$  ( $\varepsilon = \ln(\Theta/r/l)$ , где  $\Theta$  - угол вращения в радианах,  $r, l$  — радиус на половине диаметра и толщина образца, соответственно). ИПД приводит к образованию в аморфной матрице нанокристаллов железа. При комнатной температуре нанокристаллы формируются при деформации  $\varepsilon = 5$  и выше. Образование

нанокристаллов происходит в зонах локализации пластической деформации – зонах сдвига, ширина которых составляет несколько микрон. Размер зон локализации пластической деформации увеличивается при увеличении деформации. В протяженных зонах наблюдаются области пониженной плотности материала. Корреляция между полосами сдвига и расположением нанокристаллов наиболее ярко выражена в образцах, деформированных при комнатной температуре. Общей закономерностью, наблюдающейся во всех исследованных сплавах, является немонотонная зависимость среднего размера нанокристаллов от температуры деформации. Повышение величины деформации приводит к увеличению объемной доли нанокристаллической фазы. Объемная доля нанокристаллов в сплаве  $Fe_{78}V_9Si_{13}$  при  $\varepsilon = 7$  превышает 50 %. Обнаружена зависимость намагниченности насыщения от параметров деформации. Повышение температуры деформации приводит к изменению формы петли гистерезиса.

Госбюджет

Руководитель – проф. А.С.Аронин

81. Исследована структура и магнитные свойства сплавов системы кобальт – медь:  $Co-5.6wt\% Cu$  и  $Co-13.6 wt\% Cu$ . Изучаемые сплавы подвергались воздействию интенсивной пластической деформации методом кручения под высоким давлением. В результате деформации происходит значительное измельчение зеренной структуры сплавов: с 20 мкм до 100 нм для зерен  $Co$ , и с 2 мкм до 10 нм для выделений  $Cu$ . В соответствии с результатами исследований методом рентгено-структурного анализа в исходных литых сплавах  $Co$  содержат от 2 до 5 ат. %  $Cu$ , т.е. являются существенно пересыщенным твердым раствором.  $Co$  имеют при этом ГЦК структуру. Показано, что пластическая деформация не только приводит к измельчению структуры материала, но и является причиной того, что система переходит в состояние, близкое к

термодинамическому равновесию: пресыщенный твердый раствор (Co) распадается на практически чистый Co со структурой ГПУ и частицы Cu.

Госбюджет

Руководитель – к.ф.-м.н. А.А. Мазилкин

82. Исследованы наноструктуры SiO<sub>2</sub>-частиц, формирующих опаловую матрицу, определены их плотности (1,43-1,58 г/см<sup>3</sup>) и пористости (29-36%) в зависимости от размера, изучен механизм формирования частиц. Синтезированы пленки графена на грани (0001) 6H SiS при температуре 1650<sup>0</sup>C, давлении аргона 900 мбар в течение 15 минут. Проводятся измерения электрофизических характеристик и структуры методом АФМ. Исследован и определен состав растворителя оксида эрбия на основе органических фосфатов, обладающих щелочной реакцией, для инфильтрации соединений эрбия в частицы диоксида кремния в процессе их синтеза. Получены двумерные композиты диоксид кремния - оксид цинка на основе опаловой матрицы с размером сфер SiO<sub>2</sub> 107 nm с ФЗЗ в УФ области спектра.

Госбюджет, программа Президиума РАН «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов»

Руководитель – проф. Г.А.Емельченко

83. Изучено влияние технологических параметров процессов получения композиционных материалов, представляющих собой субмикро- и нанокристаллы ZnS или CdS, армированные углеродными нановолокнами (УНВ), на диаметр УНВ и их содержание в нанокристаллах. Показано, что плотность УНВ зависит от диаметра отдельных волокон и её можно варьировать в диапазоне  $5 \times 10^9$ — $1 \times 10^{11}$  см<sup>-2</sup> (для диаметров волокна 50—20 нм соответственно). Разработан новый способы получения УНВ для таких композитов (патент РФ № 2370434).

Госбюджет.

Руководитель – к.т.н. Колесников Н. Н.

84. Разработана методика получения структур из субмикро- и наночастиц галлия в монокристаллических матрицах GaS. Исследована микротвердость наноструктур GaSe/Ga (250 МПа  $\pm$ 5%) и GaS/Ga (420 МПа  $\pm$ 5%), изучены их оптические свойства в диапазонах длин волн 0,6-0,8 и 2,5—25 мкм. Завершена разработка термочувствительных нейтральных абсорбционных фильтров инфракрасного диапазона на основе таких наноструктур (патенты РФ № 2336371 и № 2331906).

Экспериментально исследовано влияние технологических параметров процесса получения кристаллических лент ZnSe на критический радиус захвата микро-, субмикро- и нанопузырьков из расплава, а также на концентрацию образуемых ими пор и их распределение в ленте. Получены экспериментальные образцы структур из нанопор в кристаллических матрицах ZnSe. В ходе исследований создан датчик температуры, позволяющий проводить измерения в химически агрессивных расплавах тугоплавких веществ (патент РФ № 2366910).

Госбюджет.

Руководитель – к.т.н. Колесников Н. Н.

85. Отработана методика гидрирования клатратной фазы  $\text{Na}_x\text{Si}_{136}$  при высоких давлениях водорода с последующей закалкой до температуры жидкого азота. Измерения методом термодесорбции в вакууме показали, что заметное выделение водорода из закаленных образцов  $\text{Na}_x\text{Si}_{136}$ -H начинается при нагреве до 150 К. Общее количество водорода, выделившееся при максимальном нагреве до 470 К, составило 0.15 и 0.48 вес.% для образцов, полученных при давлениях 1.6 и 28 кбар. Исследование закаленных образцов методом рентгеновской дифракции при 100 К показало, что параметр кубической решетки  $\text{Na}_x\text{Si}_{136}$  не изменяется при внедрении водорода. Это согласуется с предположением, что, как и в клатратных гидратах, молекулы водорода в  $\text{Na}_x\text{Si}_{136}$ -H связаны с каркасом лишь слабым Ван-дер-Ваальсовым взаимодействием.

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

Руководитель – д. ф.-м. н. О.И. Баркалов

86. Методом ударно-волнового сжатия до 65 ГПа осуществлены механохимические реакции в системах кальций-фосфор-кислород, представляющих собой механические порошковые смеси металлического кальция с фосфатом кальция и металлического кальция с оксидом фосфора  $P_2O_5$ . Исследовано также влияние ударно-волнового сжатия на кристаллическую структуру и температуру сверхпроводящего перехода  $MgB_2$ . В системах кальций-фосфор-кислород обнаружено образование ранее неизвестных соединений (фаз высокого давления), переходящих в сверхпроводящее состояние при температуре  $\approx 50$  К. В случае  $MgB_2$  ударно-волновое сжатие не приводит к каким-либо необратимым структурным фазовым превращениям. Кроме того, продемонстрирована принципиальная возможность проведения процесса высокотемпературной ( $\sim 1300$  К) и быстропротекающей ( $\sim 5$  с) интеркаляции фуллерита  $C_{60}$  щелочными и щелочноземельными металлами без термического разложения молекул фуллерена в ходе высокотемпературной интеркаляции  $C_{60}$ . Разработанный процесс позволяет проведение интеркаляции фуллерита  $C_{60}$  тугоплавкими веществами.

Госбюджет, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

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

87. Измерены спектры комбинационного рассеяния света в связанных одностенных углеродных нанотрубках при температуре до 650 К. Показано, что с увеличением температуры частоты фононных мод уменьшаются, при этом уменьшение фононных частот обратимо для колебательной G-моды и частично необратимо для радиальной RBM-

моды. Остаточное уменьшение частоты RBM-моды после температурного отжига больше для нанотрубок большего диаметра, что приводит к лучшему разрешению пиков в спектре КР от нанотрубок с близкими диаметрами. Необратимое уменьшение частоты RBM-моды определяется температурой отжига: зависимость от температуры имеет квази-пороговый характер с порогом в интервале температур 430 – 530 К. Смягчение фононных мод после температурного отжига может быть связано с ослаблением Ван-дер-ваальсовского взаимодействия между нанотрубками, которое вносит значительный вклад в частоту RBM-моды связанных нанотрубок.

Госбюджет.

Руководитель в.н.с. Мелетов К. П.

88. При давлении водорода 8 ГПа и температуре 450°C синтезированы соединения водорода и дейтерия с графитом для нейтронных исследований. Показано, что образцы однофазны, и параметр “с” их гексагональной решетки увеличен на 40% по сравнению с исходным графитом.

Госбюджет

Руководитель – к.ф.-м.н. И.О. Башкин

89. Проведены исследования условий формирования, атомной и электронной структуры упорядоченных низкоразмерных систем на базе атомно-чистых вицинальных поверхностей Si(hhm). Определены режимы термообработки поверхностей Si(hhm), позволяющие минимизировать массоперенос и достичь желаемой периодичности ступеней. Показано, что регулярные системы с близкой периодичностью ступеней могут быть сформированы при различных конфигурациях ступеней и атомной структуре террас. Впервые показано, что регулярная ступенчатая поверхность с локальной ориентацией Si(557) может содержать одну ячейку реконструкции  $7 \times 7$  или  $5 \times 5$  в пределах террас в зависимости от

атомной структуры тройной ступени. Атомная и электронная структура поверхностей Si(hhm) исследованы с помощью взаимодополняющих методов физики поверхности (СТМ, ДМЭ, УФЭС).

Госбюджет, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель – проф. С.Н. Молотков

90. Выращены кристаллы высокотемпературного сверхпроводника  $\text{Bi}_{2.2}\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$  методом плавающей зоны с оптическим нагревом. Показано, что при легировании свинцом толщина кристаллитов возрастала от 20 мкм до 200 мкм и в этих кристаллах наблюдаются двойники, аналогичные таковым в  $\text{La}_2\text{CuO}_4$ . Исследован синтез кристаллов в системе Si – B – C. Электроды из сплава кремний – бор (10% масс) распылили методом импульсного плазменного канала (ИПК) в среде жидкого азота и в циклогексане. Получены три фазы (по данным РФА): кремний, карбид кремния и аморфный углерод. Концентрация бора в полученных нанокристаллах кремния, рассчитанная по градуировочной кривой, составила 2.6% ат. ( $1.3 \times 10^{21} \text{ см}^{-3}$ ), что в два раза превосходит предел растворимости бора в кремнии, равный  $6 \times 10^{20} \text{ см}^{-3}$ .

Госбюджет, программа ОФН РАН «Физика новых материалов и структур»

Руководитель – проф. Г.А.Емельченко

91. Обработаны результаты исследования малоуглового рассеяния на спектрометре D22 ИЛЛ. Установлено, что в свежесвыращенных при температуре  $T=1.66 \text{ К}$  образцах  $\text{D}_2\text{O}$  гелей характерные размеры кластеров  $d$ , формирующих дисперсионную систему геля, распределены в интервале  $d \leq 15 \text{ нм}$ . Характерные размеры дейтериевых кластеров лежат в диапазоне  $3 \leq d \leq 150 \text{ нм}$ . Обнаружено, что с повышением температуры ванны до 2.13 К и последующем охлаждении до 1.66 К рассеяние нейтронов на примесных гелях с большими передачами импульса

значительно возрастает, т.е. термоциклирование приводит к повышению содержания в образце кластеров малых размеров, характерными размерами  $d \leq 1.5$  нм.

На спектрометре квазиупругого рассеяния IN10A предпринята попытка обнаружения вклада процессов неупругого рассеяния холодных нейтронов на гелях тяжелой воды и дейтерия в сверхтекучем гелии. Обнаружено, что при рассеянии на гелях пучка нейтронов длиной волны 0.63 нм (кинетическая энергия нейтрона порядка 20 К) изменение энергии нейтронов  $\delta E$ , рассеянных на образце геля под углом  $\sim 8$  градусов, либо пренебрежимо мало  $\delta E \leq 0.01$  К либо лежит за пределами разрешения используемого спектрометра  $\delta E \geq 0.12$  К. Последнее более вероятно, т.к. ранее в подобных измерениях на чистом гелии наблюдали вклад неупругого рассеяния нейтронов на тепловых возбуждениях (ротонах, фононах) в сверхтекучем He-II, при этом энергия неупруго рассеянных нейтронов изменялась на величину  $\delta E \geq 1$  К. В нашем случае объем He-II, заполняющего поры между кластерами, составляет более 98% от объема образца, т.е. в любом варианте при расширении диапазона разрешаемых изменений энергии (т.е. изменении конфигурации спектрометра) мы должны были бы наблюдать вклад неупругого рассеяния нейтронов на сверхтекучей жидкости, по крайней мере.

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

Руководитель – проф. Л.П. Межов-Деглин

92. Разработаны способы получения профилированных изделий из многофункциональной и недорогой карбидокремниевой керамики, которые основаны на взаимодействии расплава кремния с углеродом, находящимся в заранее скомпонованной заготовке определенного состава (углерод, карбид кремния, органическая связка) и пористости. Управление дисперсностью углерода и соотношением SiC/C в исходной заготовке позволяют регулировать структуру карбида кремния,

содержание остаточного кремния и углерода, управлять плотностью керамики от 1.8 до 3.15 г/см<sup>3</sup>. Исследовано влияние состава газовой среды, температуры и длительности термообработки изделий после их силицирования на содержание в них остаточного кремния и углерода. Это позволяет получать изделия с управляемыми в широких пределах теплопроводностью, электропроводностью, химической стойкостью в агрессивных средах, морфологией и другими важными для технических приложений характеристиками.

Госбюджет, Программа ОФН РАН «Новые материалы и структуры»

Руководитель – д.т.н. В.Н.Курлов

93. Методами рентгеновской дифракции и электронной сканирующей микроскопии обнаружено образование аномальных пространственных структур при кристаллизации ортоборатов иттрия и лютеция из растворов-расплавов свинцово-боратных оксидных стёклах. Процесс проводился в тонких (10-20 микрон) слоях стёкол на подложках из плавленого кварца и монокристаллического сапфира. Были использованы стёкла составов:  $\text{Na}_2\text{O} - 18\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O} - 2\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $0,69\text{PbO} - \text{SiO}_2$ ,  $0,31\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3$ ,  $0,5\text{PbO} - \text{B}_2\text{O}_3$ ,  $0,69\text{PbO} - \text{B}_2\text{O}_3$ ,  $2,17\text{PbO} - 0,44\text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3$ . Обнаружено, что при кристаллизации боратов в трёхкомпонентном стекле при температурах 600- 900<sup>0</sup>С образуются изотропные в плоскости подложки эпитаксиально ориентированные вдоль направлений {002} и {004} наноразмерные кристаллы ортоборатов иттрия и лютеция ватеритовой фазы, При концентрации боратов в стёкле выше 25 вес.% эпитаксиальная ориентация кристаллов нарушается и происходит образование не текстурированных поликристаллических фаз. При допировании ортоборатов иттрия и лютеция ионами  $\text{Ce}^{3+}$  полученные композитные структуры демонстрировали сцинтилляционные свойства при облучении излучением изотопа  $\text{Cs}^{137}$ .

Госбюджет.

Руководитель Кедров В.В.

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

94. Показано, что в рамках теории двухпараметрического скейлинга положение фаз целочисленного квантового эффекта Холла (ЦКЭХ) на оси магнитных полей при  $\omega_c\tau \sim 1$  не определяется значениями фактора заполнения  $\nu = nh/eB$ . Положение фаз ЦКЭХ задается затравочной холловской проводимостью.

Исследована Т-Р фазовая диаграмма кристаллов новых органических проводников с магнитными ионами  $(\text{BETS})_2\text{Mn}(\text{N}(\text{CN})_2)_3$ . Установлено, что при увеличении давления  $P$  температура перехода металл-диэлектрик понижается, а при  $P > 0.5$  кбар образец становится сверхпроводящим с  $T_c = 5.8$  К. При низких температурах и под давлением, при котором переход металл-изолятор подавлен, удалось наблюдать осцилляции Шубникова-де Гааза в диапазоне магнитных полей от 8 до 15 Т. Установлено, что из-за наличия сверхструктуры кристаллической решетки возникает реконструкция ферми-поверхности с образованием «карманов» малой площади, которые и ответственны за наблюдаемые осцилляции Шубникова-де Газа.

Систематизированы механизмы фазовых переходов «сверхпроводник–изолятор» и сделан анализ имеющихся представлений о роли парных корреляций электронов в формировании «предвестника» сверхпроводящего состояния.

Усовершенствован метод измерения дробового шума, использующий охлаждаемый до гелиевых температур широкополосный усилитель на полевых GaAs-транзисторах. Из-за большого выходного сопротивления изучаемых квантовых контактов не удается задействовать большую ширину полосы усилителя. Поэтому для компенсации уменьшения сигнала из-за сужения полосы схема была доработана добавлением

резонансного контура. Проводятся измерения зависимости дробового шума от числа квантовых каналов в образце.

Госбюджет, [Научная школа НШ-823.2008.2](#), 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

95. Исследована температурная зависимость сопротивления вдоль оси *c* и конкуренция антиферромагнетизма и сверхпроводимости в недодопированных монокристаллах  $R\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$  ( $R=\text{Lu}, \text{Y}$ ) в магнитных полях до 17 Тл. Выявлена область сосуществования антиферромагнетизма и сверхпроводимости в определенном диапазоне концентрации дырок. Обнаружено влияние на эти процессы сильного магнитного поля, которое подавляет сверхпроводимость и стабилизирует магнитное упорядочение.

Исследована структура и магнитотранспортные свойства нового магнитного органического металла  $\alpha\text{-(BEDT-TTF)}_2[\text{Mn}_2\text{Cl}_5(\text{H}_2\text{O})_5]$ . Показано, что его проводимость имеет металлический характер вплоть до 0.4 К. Двумерный характер проводимости подтвержден измерениями осцилляций Шубникова-де Гааза монокристаллов в полях до 17 Тл. Осцилляции, наблюдаемые при  $B > 10$  Т, характеризуются присутствием двух фундаментальных частот, соответствующих поперечным сечениям поверхности Ферми в согласии с вычисленной электронной зонной структурой.

Исследована анизотропия монокристаллов новых высокотемпературных сверхпроводников  $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$  в нормальном и сверхпроводящем состоянии. Установлено, что анизотропия сопротивления  $\gamma = \rho_c / \rho_{ab}$  слабо зависит от температуры и лежит в пределах 10-30. Показано, что величина анизотропии определяется наличием плоских дефектов, что

подтверждается измерениями анизотропии верхнего критического поля и наблюдением т.н. «перехода Фриделя».

Проведены эксперименты по выращиванию кристаллов методом бестигельной зонной плавки: нелегированного  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ , а также легированного свинцом  $\text{Pb}_{0.3}\text{Bi}_{1.9}\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$  для получения передопирированных образцов. Для легированных свинцом образцов наблюдались изменения характера кристаллизации - уменьшение концентрации слоевых дефектов - что обусловлено изменением несоразмерных модуляций кристаллической структуры по сравнению с легированными образцами.

Измерены температурные зависимости компонент поверхностного импеданса керамик  $\text{LaO}_{1-x}\text{FxFeAs}$  ( $x=0.06$  и  $x=0.11$ ) с критической температурой сверхпроводящего перехода  $T_c=25$  К. В температурном интервале 100 – 150 К образцы демонстрируют нормальный скин-эффект: поверхностное сопротивление и реактанс приблизительно равны,  $R(T)=X(T)$ . В температурном интервале  $25 < T < 60$  К реактанс  $X$  в 1.7 раза больше  $R$  и убывает быстрее поверхностного сопротивления. При низкой температуре  $T < T_c/3$  величины  $R(T)$  и  $X(T)$  пропорциональны  $T^2$ .

Разработана и изготовлена оригинальная установка для сканирования и измерений в полярных координатах амплитуды и фазы электромагнитного излучения СВЧ-диапазона в пространстве вблизи исследуемого образца. Установка позволяет тестировать метаматериальные покрытия, а также различные материалы, резонансно взаимодействующие с плазмонами, возбуждёнными в периодической металлической структуре.

Госбюджет, [Научная школа НШ-823.2008.2](#), Программа Президиума РАН «Физика конденсированных сред», Программа ОФН РАН «Сильно коррелированные электроны в полупроводниках, металлах, сверхпроводниках и магнитных материалах», Программы РАН «Нанотехнологии» и «Новые материалы»

Руководитель – д.ф.-м.н. М.Р.Трунин

96. Исследован джозефсоновский ток через контакт синглетный сверхпроводник-ферромагнетик-синглетный сверхпроводник при наличии неравновесного и зависящего от спина распределения электронов в ферромагнитной прослойке. Для двухзонного сверхпроводника, с  $s_{\pm}$ -спариванием, которое, по-видимому, реализуется в новых сверхпроводниках на основе железа, исследовано поведение сверхпроводящего параметра порядка на границе и его влияние на плотность состояний. Разработана микроскопическая теория модуляции критического тока магнитным полем в сверхпроводящих контактах с ангармонической зависимостью тока от фазы

Госбюджет, программа РАН «Квантовая физика конденсированных сред», программа РАН «Спинтроника».

Руководитель - к.ф.-м.н. Ю.С.Бараш

97. Завершены конструкторские работы. Модернизирован криостат для рефрижератора емкостью 40 литров жидкого гелия. Собрана и испытана газовая рампа рефрижератора. Собрана линия циркуляции гелия-3. Испытан 1К бачок. Проградуированы термометры до 1.5К. Завершено конструирование и изготовление экспериментальной ячейки.

Госбюджет, Программа РАН «Квантовая физика конденсированных сред».

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

98. Изготовлены две оптические ячейки с кварцевыми окнами для изучения прохождения световых волн ближнего ИК диапазона через образцы гелей. Проведена серия экспериментов по изучению прохождения световых волн ближнего ИК диапазона через образцы водяного геля. Наблюдены широкие пики поглощения. Выполняется обработка спектров и калибровка установки. С учетом результатов

проведенных экспериментов усовершенствована методика приготовления массивных и достаточно однородных образцов примесных гелей объемом в десятки куб. см, которые необходимы, в частности, для проверки работоспособности предложенной нами ранее принципиально новой конструкции нейтронного модератора, предназначенного для накопления и хранения ультрахолодных нейтронов в ловушке, заполненной гелем тяжелой воды или дейтерия. Новая конструкция системы заполнения рабочей ячейки позволила сократить это время до 20 мин., что открывает новые возможности для приготовления образцов примесных гелей объемом порядка 1 литра.

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

Руководитель – д.ф.-м.н. Л.П. Межов-Деглин

99. Исследованы характеристики двухконтактных интерферометров на основе джозефсоновских переходов сверхпроводник-ферромагнетик-сверхпроводник (Nb-CuNi-Nb), испытывающих инверсию токо-фазового соотношения (переход в  $\pi$ -состояние). Показано, что зависимости критических токов от магнитного поля  $I_c(H)$  обычного интерферометра и интерферометра с  $\pi$ -контактом комплементарны, т.е. смещены относительно друг друга на пол-периода (т.е. на половину кванта магнитного потока  $\Phi_0/2$ ). В эксперименте измерялись также пики напряжения, возникающие в минимумах зависимостей  $I_c(H)$ , при этом в области нулевого приложенного магнитного поля комплементарный интерферометр находился в явно выраженной резистивной области, тогда как обычный интерферометр, фактически, в бездиссипативном состоянии. Ширина областей резистивности нормального и комплементарного интерферометров (каналов) регулируется величиной тока смещения: чем ближе ток смещения к критическому току, тем шире области резистивности. Полученные характеристики являются основой для

создания джозефсоновских комплементарных инверторов, аналогичных полупроводниковым CMOS-инверторам.

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

Руководитель – проф. В.В. Рязанов

100. Изготовлены и исследованы джозефсоновские структуры сверхпроводник-ферромагнетик-сверхпроводник (SFS переходы) на основе ферромагнетика с большой спиновой поляризацией (Ni). Показано, что джозефсоновские характеристики, в частности зависимости критических токов от магнитного поля  $I_c(H)$  существенно отличаются для толщин слоев никеля более и менее 4 нм, в связи с изменением магнитной анизотропии от поперечной к продольной. С целью увеличения сверхпроводящей длины когерентности до величин, сравнимых с размерами барьеров в реализуемых планарных SFS структурах, разработана технология получения и начаты исследования джозефсоновских S-FN-S мостиков с двуслойными FN-барьерами на основе никеля, пермаллоя и меди.

Госбюджет, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель – проф. В.В. Рязанов

101. Предложен новый двух параметрический протокол квантового распределения ключей и исследована его криптографическая стойкость для оптоволоконной реализации. Найдена критическая ошибка, до которой возможно распределение секретных ключей. Определена критическая длина оптоволоконной линии связи, при которой можно распределять ключи с гарантией их секретности. Показано, что данный протокол позволяет распределять секретные ключи вплоть до теоретического предела по ошибке на приемной стороне в 50%. Данная величина ошибки для классического бинарного симметричного канала

связи является теоретическим пределом Шеннона, до которого вообще можно безошибочно передавать информацию. В протоколе квантового распределения ключей с фазово-временным кодированием удастся обеспечить еще и секретность ключей. Найдены зависимости критической длины линия связи от вероятности темновых шумов, квантовой эффективности детекторов и среднего числа фотонов в квантовом состоянии.

Госбюджет,

Руководитель – проф. С.Н. Молотков

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

102 Экспериментально и методами компьютерного моделирования исследован случай дифракционного изображения винтовых дислокаций расположенных параллельно поверхности образца. Исследованы особенности рассеяния рентгеновского волнового поля в сильно искаженной области вблизи ядра дислокации. Показано, что дифракционное изображение сильно искаженной области вблизи ядра дислокации формируется в результате суперпозиции вновь образованных волновых полей в каждой точке сильных искажений и старых полей, распространяющихся в кристалле. Каждая такая точка сильно искаженной области кристалла является источником распространения нового волнового поля, получившего в литературе название межветвевое рассеяния (Interbranch scattering of x-ray beams). Принципиально новым является то, что вид функции эффективных разориентаций кристаллической решетки в области, где кристалл выходит из отражающего положения, экстраполируется ступенчатой функцией.

Госбюджет

Руководитель - проф. Суворов Э.В.

103. Экспериментально исследованы интерференционные эффекты в транспорте поперек полоски несжимаемой жидкости на одномерных краевых каналах в условиях квантового эффекта Холла. Для исследований использован интерферометр, подобный интерферометру Фабри-Перо. Обнаружены интерференционные осцилляции при факторах заполнения 1,4

□3,2□В.

интерференционных проявлений не обнаружено.

Проводящая игла атомно-силового микроскопа использована как подвижный затвор для создания локального возмущения потенциала вблизи углеродной нанотрубки при гелиевой температуре. В полупроводниковых нанотрубках обнаружен сдвиг пиков проводимости при изменении положения иглы. Наблюденный эффект объяснен на базе простейшей квантовой модели.

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

Руководитель - проф. Долгополов В.Т.

104. С целью развития нового метода джозефсоновской спектроскопии, основанного на поглощении джозефсоновской генерации ферромагнитными слоями в условиях ферромагнитного резонанса, проведены исследования ферромагнитного резонанса в микрополосках слоев пермаллоя и никеля. Для наблюдения ферромагнитного резонанса без использования внешних СВЧ-источников разработан дизайн структур, включающих СВЧ-генератор течения магнитного потока на основе длинных джозефсоновских переходов и ферромагнитную микрополоску.

Госбюджет, программа Президиума РАН «Основы фундаментальных исследований нанотехнологии и наноматериалов»

Руководитель – проф. В.В. Рязанов

**Новые технологии твердотельных материалов и структур**

105. Разработана конструкторская документация и изготовлен опытный образец (совместно с ЭЗАН) автоматизированной установки для выращивания объемных монокристаллов карбида кремния. В установке предусмотрен индукционный нагрев с использованием генератора (IGBT) с частотой 8-12 кГц и мощностью 100 квт. Максимальный диаметр кристаллов 50 мм с возможностью увеличения до 75 мм.

Госбюджет, целевая научно-техническая программа «Разработка уникальных научно-исследовательских приборов и оборудования для учреждений РАН»

Руководитель – проф. Г.А.Емельченко

106. Исследованы устойчивость мениска расплава и структура кристаллов в зависимости от условий его формирования и параметров кристаллизации способом локального динамического формообразования. На основе полученных результатов созданы технологические приемы управления продольным размером и объемом мениска расплава для кристаллизации из него крупногабаритных полых тел вращения, разработана совокупность методов выращивания кристаллов сапфира в виде крупногабаритных полых фигур вращения из мениска расплава, свободно перемещающегося по поверхности формообразователя - ФСМ метод (ФСМ - формообразование из свободного мениска). Получены из расплава сапфировые полусферы диаметром 130 мм.

Госбюджет

Руководитель– к.ф.-м.н. Бородин А. В.

107. С помощью математического моделирования изучено влияние тепловых условий в зоне кристаллизации на термоупругие напряжения в крупногабаритной сапфировой пластине. 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.

Госбюджет

Руководитель – к.ф.-м.н. Жданов А. В.

108. Разработаны методики выращивания тонких сапфировых капилляров для лазерной фотодинамической терапии и термотерапии. Разработаны новые средства внутритканевой доставки непрерывного когерентного света, основанные на тонких волоконно-оптических световодах, помещенных в сапфировые игловые капилляры. Возможность формирования различной геометрии торца иглы и малого радиуса закругления ( $< 100$  нм) сапфирового острия позволяют усовершенствовать методы оптической терапии и хирургии подкожных опухолей и опухолей внутренних органов, разработать более эффективные системы доставки лазерного излучения, получать воспроизводимые световые и тепловые поля в различных биологических тканях, повысить неинвазивность и эффективность медицинского вмешательства.

Госбюджет.

Руководитель – д.т.н. В.Н.Курлов

109. В результате проведенных экспериментальных работ определены режимы очистки графитовых изделий от примеси бора. Оптимальная температура составляет  $1850^{\circ}$  С, давление пара  $\text{CCl}_4$  – 25 торр, длительность циклов – 30 мин., число циклов – 4. В результате проведения циклов очистки концентрация бора в графитовых стержнях диаметром до 6 мм снижается от 5 ppm до 0,08 ppm.

Госбюджет,

Руководитель – д.т.н. С.К.Брантов

110. Реализованы режимы устойчивого выращивания слоев кремния на углеродной фольге. Увеличена ширина пленок кремния с 90 мм до 165

мм. Детально исследована кристаллическая структура получаемого материала, выделено 2 типа ориентации двойниковых границ в пластинах кремния. Показано, что основным источником примесного загрязнения кремния является конструкционный графит, находящийся в прямом контакте с расплавленным кремнием. Импортный графит G-347 непригоден для этих целей, тогда как графит МПГ-6 отечественного производства не приносит существенного вклада компенсирующих примесей в выращиваемый материал.

Госбюджет, программа РАН «Физика новых материалов и структур»

Руководитель – д.т.н. С.К.Брантов

111. С целью получения нанокристаллических слоев отработана процедура электроосаждения слоев  $Pd_{1-x}Fe(Ni)_x$  на медные, латунные, графитовые и кремниевые подложки. Рентгено-фазовым, рентгено-спектральным и электронно-микроскопическими (сканирующим и просвечивающим) методами исследованы пленки электроосажденные на Cu-фольгах. Средний размер зерна составил 7-10 нм для сплавов с 14 и 52 ат.% Fe и 120 нм для сплава с 74 ат.% Fe. Слабоферромагнитные пленки PdFe, содержащие 3-10 ат.% Fe, с температурой Кюри менее 100 К представляют интерес для использования в сверхпроводящих гибридных SF-структурах. Показано, что они имеют нанокристаллическое строение (размер кристаллитов менее 10 нм), что обеспечивает однородность магнитных свойств в слоях на субмикронном уровне. Магнитные характеристики и доменная структура слоев изучены с помощью вибрационного магнитометра, сканирующего магнито-силового микроскопа и методики ферромагнитного резонанса. Госбюджет, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель – к. х. н. Г.К. Струков.

112. Выполнены расчеты, планировка, запуск и отладка систем оборудования, обеспечивающих функционирование чистой зоны для производства и метрологических исследований наноструктур. Достигнуты проектные параметры чистой зоны, соответствующие классу чистоты 1000 в помещении чистой зоны и классу 100 в ламинарных шкафах.

Госбюджет

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

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

113.

114. Разработана технология приготовления субмикронных джозефсоновских структур  $\text{Nb-Cu}_{0.47}\text{Ni}_{0.53}-\text{Nb}$  и  $\text{Nb-AlO}_x-\text{Nb}$ , использующая современные методы оптической, электронной литографии и реактивного ионного травления. Одним из важных этапов разработанной технологии является изолирование торцевых поверхностей с помощью электро-анодирования. Технология позволяет получать туннельные переходы с субмикронными латеральными размерами и различными соотношениями между кулоновской и джозефсоновской энергиями.

[Хоз. Договор 794-08](#)

Руководитель – проф. В.В.Рязанов

115. Исследования не проводились в связи с просьбой руководства ОАО «НЛМК» **приостановить** действие Госконтракта из-за экономического кризиса.

Руководитель – член-корр. РАН Карпов М.И

116. Разработаны нанокристаллические люминофоры ванадатов иттрия, легированных европием и неодимом, которые обеспечивают эффективное поглощение преобразование вредного для сетчатки глаза ультрафиолетового излучения в полезное излучение красного и инфракрасного диапазонов.

Госконтракт 789-08 с ИТЭБ РАН на основе госконтракта № 02.513.12.3006 (шифр «2008-3-1.3-26-06-03-021»).

Руководитель – к.ф.-м.н. Н.В. Классен

117. Проведен анализ методом Оже-электронной спектроскопии поверхностей жаропрочных никелевых сплавов с различным микролегированием в сверхвысоком вакууме. Получены данные о распределении легирующих (Al, Ti, Cr, Co, Mo, Nb) и микролегирующих (La, Pr, Nd) элементов между фазами сплавов типа ЭК151ВГНК. Корректность полученных данных подтверждается результатами микрорентгеноспектрального анализа, проведённого на тех же образцах. Качественные составы фаз, полученные двумя независимыми методами, совпадают. Карта распределения элементов на поверхности сплава, построенная методом ион-ионной масс-спектрометрии, аналогична карте, полученной методом Оже-электронной спектроскопии. Показана возможность определения зон сегрегаций элементов путём построения карт их распределения методом Оже-электронной спектроскопии и других видов электронной спектроскопии. Разработана методика и оформлен методический материал «Исследование внешней и внутренней поверхности никелевых жаропрочных сплавов с помощью построения карт распределения легирующих элементов методами электронной спектроскопии». Разработанная методика может применяться для анализа и картирования элементного и химического состояния фаз и компонент сплавов с использованием характеристических электронов.

Хоз.договор 765-08/3867

Руководитель – д.ф.-м.н. А. М.Ионов

118. Разработаны опытные образцы профилированных изделий из термо- и химически стойких керамических материалов, обладающие рекордной термоударной прочностью.

Контракт 3-08-2 с компанией «Дженерал Электрик».

Руководитель – к.ф.-м.н. Н.В. Классен

### **Основные результаты и разработки, доведенные до готовности к практическому применению**

1. Разработана технология синтеза монодисперсных коллоидных наночастиц диоксида кремния для финишной полировки высокотехнологичных материалов и изделий (лабораторный вариант), созданы образцы коллоидных частиц  $\text{SiO}_2$  с размерами в диапазоне от 15 нм до 100 нм и стандартным отклонением от среднего значения внутри суспензии менее 3%, пригодные для начала их коммерческого использования. Основными преимуществами разработанной технологии являются эффективный контроль формы, размеров и дисперсности получаемых частиц. Технология позволяет синтезировать монодисперсные сферические коллоидные частицы  $\text{SiO}_2$  с узким распределением по размерам (менее 3%), высокой чистоты, что обеспечит уровень шероховатости при финишной полировке, приближающийся к шероховатости атомно-гладкой поверхности.

Рук. - проф. Г.А.Емельченко

### **Научно-организационная деятельность ИФТТ РАН**

В 2009 году Ученый совет ИФТТ РАН провел 26 заседаний, 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 2010 год

Обсуждение и утверждение отчета по научно-исследовательской работе института за 2009 год

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

Обсуждение и утверждение результатов конкурса научно-исследовательских работ 2009 года

Отчет дирекции института по итогам 2008 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 Институте физики твердого тела РАН, г. Черноголовка, приказом Высшей аттестационной комиссии от 15 июня 2001 г. № 1573-в. Полномочия совета на срок действия Номенклатуры специальностей научных работников, утвержденный приказом Минпромнауки России от 31.01.2001 (N47), подтверждены приказом Минобрнауки «О переименовании и полномочиях советов по защите докторских и кандидатских диссертаций»

(N 798-745 от 13.04.2007). Всего в 2009 году было защищено 3 кандидатские диссертации.

## **Научно-образовательная деятельность ИФТТ РАН**

ИФТТ РАН ведет активную работу в рамках интеграции РАН и высшего образования, а также взаимодействия РАН с отраслевой и вузовской наукой. В 2009 г. сотрудниками ИФТТ РАН проведен ряд совместных исследований в рамках программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России»

В ИФТТ РАН функционирует Учебно-научный центр, образованный из трех базовых кафедр, созданных ИФТТ РАН в интеграции с ведущими физическими вузами России:

1) Базовая кафедра физики твердого тела

Ведущий ВУЗ – МФТИ, создана в 1964 году, зав. кафедрой чл-корр. РАН В.Ф. Гантмахер, количество привлеченных научных сотрудников – 21, количество студентов, проходящих обучение – 45, направление подготовки – 010613 прикладная математика и физика, имеется договор с вузом.

2) Филиал кафедры физической химии

Ведущий ВУЗ – Московский институт стали и сплавов, создан в 1974 году, зав. филиалом кафедры д. ф.-м. н. Э.В. Суворов, количество привлеченных научных сотрудников – 6, количество студентов, проходящих обучение – 13, направление подготовки – 073800 наноматериалы.

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

Ведущий ВУЗ – МГУ, создано в 2006 году, зав. физическим отделением д.ф.-м.н. В.Д. Кулаковский, количество привлеченных научных сотрудников – 25, количество студентов, проходящих обучение – 35, направление подготовки – 010400 физика, имеется договор с вузом.

## **Патентно-инновационная деятельность**

Институт ведет активную патентно-инновационную деятельность. В 2009 году:

Получен диплом Федеральной службы по интеллектуальной

собственности, патентам и товарным знакам в номинации «100 лучших изобретений России» за патенты:

№2334836 «Способ получения нанострежней селенида кадмия»,

№2336371 «Способ получения наночастиц галлия»

А. Получено 10 патентов, в том числе:

5 патентов РФ на полезную модель:

1. №85680 «Радиационно-прочный сцинтилляционный детектор», авторы: Белоглазов В.И., Кедров В.В., Классен Н.В., Кобелев Н.П., Кривко О.А., Кудренко Е.А., Скибина Ю.А., Шмытько И.М., Шмурак С.З., зарегистрирован 10.08.09.

2. №85679 «Широкоапертурный сцинтилляционный детектор для определения параметров нейтронного потока в нейтронном генераторе», авторы: Дунин В.Б., Кедров В.В., Киселев А.П., Классен Н.В., Кобелев Н.П., Кривко О.А., Кудренко Е.А., Курлов В.Н., Шмытько И.М., Шмурак С.З., зарегистрирован 10.08.09.

3. №85326 «Медицинский криоапликатор», авторы: Межов-Деглин Л.П., Макова М.К., Лохов А.В., Калмыкова З.В., зарегистрирован 10.08.09.

4. №85327 «Медицинский криораспылитель», авторы: Межов-Деглин Л.П., Макова М.К., Лохов А.В., Калмыкова З.В., зарегистрирован 10.08.09

5. №88150 «Капиллярный вискозиметр», авторы: Колесников Н.Н., Кведер В.В., Борисенко Д.Н., Берзигиярова Н.С., зарегистрирован 27.10.09.

5 патентов РФ на изобретения:

1. №2365684 «Устройство для выращивания слоев кремния на углеродной подложке», авторы: Брантов С.К., Ефремов В.С., зарегистрирован 27.08.09.

2. №2367042 «Многослойный ленточный наноструктурный композит на основе сверхпроводящего сплава ниобий-титан», авторы: Карпов М.И.,

Внуков В.И., Коржов В.П., Желтякова И.С., Колобов Ю.Р., зарегистрирован 10.09.09.

3. №2367043 «Способ изготовления многослойного ленточного наноструктурного композита на основе сверхпроводящего сплава ниобий-титан», авторы: Карпов М.И., Внуков В.И., Коржов В.П., Желтякова И.С., Колобов Ю.Р., зарегистрирован 10.09.09.

4. №2366910 «Датчик температуры расплава», авторы: Колесников Н.Н., Кведер В.В., Борисенко Е.Б., Борисенко Д.Н., зарегистрирован 10.09.09.

5. №2370434 «Способ электродугового получения углеродных нанотрубок», авторы: Колесников Н.Н., Кведер В.В., Борисенко Д.Н., Берзигиярова Н.С., зарегистрирован 20.10.09.

Б. Подано 5 заявок на получение патентов РФ:

1. №2009105556 «Устройство для выращивания слоев кремния на углеродной фольге», авторы: Брантов С.К., Ельцов А.В., приоритет 17.02.09

2. №2009118730 «Гетеродинный спектрометр электромагнитного излучения», авторы: Кукушкин И.В., Муравьев В.М., приоритет 19.05.09

3. №2009121148 «Нейтральный светофильтр», авторы: Колесников Н.Н., Кведер В.В., Борисенко Д.Н., Борисенко Е.Б., приоритет 04.06.09

4. №2009122970 «Умножитель частоты на плазмонном механизме нелинейности», авторы: Кукушкин И.В., Муравьев В.М., приоритет 17.06.09

**на полезную модель:**

1. №2009123046 «Капиллярный вискозиметр», авторы: Колесников Н.Н., Кведер В.В., Борисенко Д.Н., Берзигиярова Н.С., приоритет 16.06.09

С. Получено 9 положительных решений по заявкам на изобретение:

1. №2008127519 «Система для резекции биологических тканей сапфировым лезвием с одновременной оптической диагностикой их злокачественности», авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Лощенов В.Б., Рябова А.В., приоритет 09.07.08, положительное решение от 14.05.09
2. №2008121156 «Композиционный материал на основе сульфида цинка и углерода», авторы: Колесников Н.Н., Кведер В.В., Борисенко Е.Б., Борисенко Д.Н., приоритет 26.05.08, положительное решение от 26.05.09.
3. №2008121035 «Способ получения наночастиц теллурида кадмия со структурой вюртцита», автор: Стыркас А.Д., приоритет 26.05.08, положительное решение от 15.06.09
4. №2008127520 «Устройство для внутритканевого облучения биологической ткани лазерным излучением», авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Лощенов В.Б., Рябова А.В., Меерович Г.А., приоритет 09.07.08, положительное решение от 10.07.09.
5. №2008116001 «Способ извлечения теллура», авторы: Колесников Н.Н., Стыркас А.Д., приоритет 22.04.08, положительное решение от 24.07.09.
6. №2008128187 «Ультрафиолетовый лазер на основе двумерного кристалла», авторы: Емельченко Г.А., Грузинцев А.Н., Масалов В.М., Баженов А.В., Волков В.Т., приоритет 10.07.08, положительное решение от 12.08.09.
7. №2008137822 «Способ получения наночастиц теллурида кадмия со структурой сфалерита», автор: Стыркас А.Д., приоритет 24.09.08, положительное решение от 17.08.09.
8. №2008137820 «Способ заполнения углеродных нанотрубок углеродом», авторы: Колесников Н.Н., Кведер В.В., Борисенко Д.Н., приоритет 24.09.08, положительное решение от 20.08.09.
9. №2008143152 «Дисплейное устройство на основе фотонного кристалла», авторы: Карпов И.А., Емельченко Г.А., Масалов В.М., приоритет 30.10.08, положительное решение от 02.10.09.

Д. Поддерживаются в силе 44 патента, в том числе 38 патентов РФ и 6 зарубежных патентов.

ИФТТ РАН в 2009 г. участвовал в выставках:

12-й Московский Международный салон промышленной собственности «Архимед», апрель 2009г., КВЦ «Сокольники», г. Москва

10-ый Московский Международный Форум «Высокие технологии XXI Века», апрель 2009г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва.

IX Московский Международный салон инноваций и инвестиций, август 2009 г., ВВЦ, г. Москва.

Юбилейная Международная выставка-презентация Московской области «Подмосковье-2009», сентябрь 2009 г., МВК «Крокус Экспо», Московская обл..

15-я Международная выставка химической промышленности «ХИМИЯ-2009», сентябрь-октябрь 2009 г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва.

3-я Международная специализированная выставка «SIMEXPO-Научное Приборостроение-2009», сентябрь-октябрь 2009 г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва.

Выставка в рамках Второго Международного форума по нанотехнологиям, октябрь 2009 г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва.

V Международный Форум «Оптические приборы и технологии – «OPTICS - EXPO 2009», октябрь 2009 г., ВВЦ, г. Москва.

Выставка изделий медицинской техники, оборудования и лекарственных средств, проводимая в рамках научной конференции Центрального федерального округа Российской Федерации «Новые технологии фундаментальной научно-практической медицине», МОНИКИ, Москва.

7-ая Международная специализированная выставка «Лаборатория Экспо-2009», ноябрь 2009 г., ВВЦ, г. Москва.

10-ая Юбилейная специализированная выставка «Изделия и технологии двойного назначения. Диверсификация ОПК», ноябрь 2009 г., Москва.

Награды ИФТТ РАН за инновационную деятельность за 2009 год:

1. Диплом почтения и благодарности XII Международного Салона промышленной собственности «Архимед-2009» Институту физики твердого тела «за активное участие в организации и проведении Салона», март-апрель 2009г., КВЦ «Сокольники», г. Москва.
2. Диплом почтения и благодарности XII Международного Салона промышленной собственности «Архимед-2009» Чашечкиной Ж.Ю. «за активное участие в организации и проведении Салона», март-апрель 2009 г., КВЦ «Сокольники», г. Москва
3. Диплом и Золотая медаль XII Московского Международного салона промышленной собственности «Архимед-2009», апрель 2009 г., КВЦ «Сокольники», г. Москва за разработку «Радиационно-прочный детектор для быстродействующего контроля энергетических процессов внутри ядерных реакторов». Автор: Классен Н.В.
4. Диплом и Золотая медаль XII Московского Международного салона промышленной собственности «Архимед-2009», апрель 2009г., КВЦ «Сокольники», г. Москва за разработку «Магнетронная составная мишень из высокочистых силицидов переходных металлов для тонкопленочной металлизации в микроэлектронике» Авторы: Глебовский В.Г., Штинов Е.Д.
5. Диплом и Золотая медаль XII Московского Международного салона промышленной собственности «Архимед-2009», апрель 2009 г., КВЦ «Сокольники», г. Москва за разработку «Сапфировый скальпель с возможностью диагностики резецируемой ткани». Авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Лощенов В.Б., Рябова А.В.

6. Диплом и Золотая медаль XII Московского Международного салона промышленной собственности «Архимед-2009», апрель 2009 г., КВЦ «Сокольники», г. Москва за разработку «Сверхтонкие пластины кремния для элементов солнечных батарей». Авторы: Брантов С.К., Ефремов В.С., Кведер В.В., Кузнецов Н.Н.
7. Диплом и Золотая медаль XII Московского Международного салона промышленной собственности «Архимед-2009», апрель 2009 г., КВЦ «Сокольники», г. Москва за разработку «Нанотрубки сульфида цинка, армированные углеродными нановолокнами». Авторы: Колесников Н.Н., Кведер В.В., Борисенко Д.Н., Борисенко Е.Б.
8. Диплом 10-го Юбилейного Международного Форума «Высокие технологии XXI века», апрель 2009 г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва «За участие в выставке ВТ-XXI 2009 и достижения в области высоких технологий».
9. Свидетельство и Почетный Знак 10-го Юбилейного Международного форума «Высокие технологии XXI века», ЦВК Экспоцентр», г. Москва Серебряная статуэтка «Святой Георгий», Лауреат конкурса «Инновационные технологии для реального сектора экономики и социальной сферы» за конкурсный проект «Сапфировый скальпель с возможностью диагностики резецируемой ткани». Авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А.
4. Свидетельство и Медаль 10-го Юбилейного Международного форума «Высокие технологии XXI века», апрель 2009г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва Лауреат конкурса «Инновационные технологии для реального сектора экономики и социальной сферы» за конкурсный проект «Новые наноструктурированные керамика и покрытия на основе карбида кремния для промышленности и энергетики». Авторы: Курлов В.Н., Филонов К.Н.
11. Чашечкина Ж.Ю. награждена Памятной медалью Десятого юбилейного Форума «Высокие технологии XXI века», апрель 2009г., ЦВК

«Экспоцентр», г. Москва «За творческий вклад в становление и развитие Форума».

12. За активное участие в процессе внедрения инновационных передовых технологий Институт награжден Международной наградой - Дипломом и Золотой Медалью «Innovations for investments to the future» за разработку «New methods of micro-diagnostics and nano-therapy of internal pathologies of organisms by means of nanoscintillators» («Системы экспрессной диагностики и уничтожения вирусов, канцерогенных и других патогенных биообъектов внутри живых организмов на основе нанотехнологий») в рамках Международной программы «Golden Galaxy», май 2009г., г. Нью-Йорк (США). Авторы: Классен Н.В.

13. Диплом Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам в номинации «100 лучших изобретений России» «За способ получения наностержней селенида кадмия (патент РФ №2334836) и способ получения наночастиц галлия (патент РФ №2336371), представленных Институтом физики твердого тела РАН», июнь 2009 г., г. Москва.

14. Свидетельство участника IX Московского Международного салона инноваций и инвестиций Института физики твердого тела РАН, август 2009г., ВВЦ, г. Москва.

15. Диплом и Золотая медаль IX Московского Международного салона инноваций и инвестиций, август 2009 г., ВВЦ, г. Москва за разработку «Нанотрубки сульфида цинка, армированные углеродными нановолокнами». Авторы: Колесников Н.Н.

16. Диплом и Золотая медаль IX Московского Международного салона инноваций и инвестиций, август 2009 г., ВВЦ, г. Москва за разработку «Наноструктурированная керамика и покрытия на основе карбида кремния». Авторы: Филонов К.Н., Курлов В.Н.

17. Диплом Институту физики твердого тела РАН «за активное участие в 15-й Международной выставке «ХИМИЯ-2009», сентябрь-октябрь 2009г., ЗАО «Экспоцентр», г. Москва.

18. Диплом Институту физики твердого тела РАН «за активное участие в 3-ей Международной специализированной выставке приборов и оборудования для научных исследований «SIMEXPO-Научное приборостроение – 2009», сентябрь-октябрь 2009 г., ЗАО «Экспоцентр», г. Москва.
19. Диплом 3-ей Международной специализированной выставки приборов и оборудования для научных исследований «SIMEXPO-Научное приборостроение – 2009» в конкурсе «Научный прибор года – 2009» победителя в номинации «Приборы для научных исследований в области медицинских наук» - «За разработку и создание конкурентноспособного оборудования» («Портативный рамановский комплекс «Инспектр» для анализа твердых и жидких химических веществ»), сентябрь-октябрь 2009 г., ЗАО «Экспоцентр», г. Москва.
20. Диплом «Награждается участник выставки Rusnanotech'09 Институт физики твердого тела ИФТТ РАН» (выставка в рамках Второго Международного Форума по нанотехнологиям 2009 (Rusnanotech'09), октябрь 2009 г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва.
21. Диплом и Медаль участника V Международного Форума «Оптические приборы и технологии – «OPTICS-EXPO 2009», октябрь 2009 г., ВВЦ, г. Москва.
22. Удостоверение №125 «Всероссийский Выставочный центр награждает медалью «Лауреата ВВЦ» «за успехи в научно-техническом творчестве» Журавлева Андрея Сергеевича, Постановление от 12.10.2009г. («Портативный рамановский комплекс «Инспектр» для анализа твердых и жидких химических веществ»).
23. Диплом 7-ой Международной специализированной выставки «ЛабораторияЭкспо-2009» за разработку «Сапфировые инструменты для лазерной диагностики, терапии и хирургии онкологических заболеваний» Авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А.
24. Диплом 7-ой Международной специализированной выставки «ЛабораторияЭкспо-2009» за разработку «Экологически безопасная

экономичная технология нанесения покрытий из благородных металлов и сплавов с наноразмерной толщиной слоя». Авторы: Струкова Г.К., Струков Г.В.

25. Награждена Дипломом с Медалью 7-ой Международной специализированной выставки «ЛабораторияЭкспо-2009» Чашечкина Ж. Ю. «за высокий уровень подготовки многолетнего участия ИФТТ РАН в выставках «Лаборатория» и «ЛабораторияЭкспо».

26. Диплом 10-ой юбилейной специализированной выставки «Изделия и технологии двойного назначения. Диферсификация ОПК» «за радиационно-прочный детектор для быстродействующего контроля энергетических процессов внутри ядерных реакторов».

27. Диплом 10-ой юбилейной специализированной выставки «Изделия и технологии двойного назначения. Диферсификация ОПК» «за сверхтонкие пластины кремния для элементов солнечных батарей».

### **Характеристика международных связей ИФТТ РАН за 2009 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	7 дн	2009-2011
Польша	Тема №46:	0	2008-2010

	Синтез и исследование новых материалов для водородной энергетики с использованием высоких давлений		
Польша	Тема № 66: Зернограничные фазовые превращения в сталях	0	2008-2010
Латвия	Экспериментальное изучение микротвердости границ зерен и тройных стыков в металлах	13	2009

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
Азербайджан	Экспериментальные исследования особенностей электронной системы в слоистых полупроводниках и сверхпроводниках	-	2008-2009
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	-	2009-2010

	типа РЕФСИК для производства высокопрочных стекловолокон		
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»	-	2007-2012
Греция	Соглашение о поддержке сотрудничества	-	2008-бессрочно
Республика Корея	Соглашение о развитии кооперации в области физики конденсированного состояния	89	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
Республика Корея	Электроуправляемый светофильтр для создания	-	2009

	полноцветных пикселей плоских дисплеев		
Япония	Меморандум о намерениях	-	1993- бессрочно

### 3. Участие в международных конференциях за рубежом

Страна	Название конференции	Даты конференции	Число делегатов	Финансовые условия (ПС-за счет принимающей стороны, РФФИ – гранты РФФИ, РАН – из средств Программ РАН, Х/Д- из средств хоздоговора)
Германия	Российско-Германское совещание по применению фотонных источников	15.02-19.02	1	ПС
Италия	Международная конференция «Physics of Light-Matter Coupling in Nanostructures PLMCN9»	16.04-20.04	1	РФФИ, РАН
Беларусь	«Перспективные материалы и технологии»	24.05-29.05	3	РФФИ, РАН
Италия	«5-th International	22.06-28.06	1	РФФИ

	Conference on Diffusion in Solid and Liquids (DSL2009)			
Франция	10-я Европейская конференция по жидким кристаллам	19.04-25.04	1	РАН
Германия	Международная конференция «Нанотехнологии» в составе симпозиума «Микротехнологии для нового тысячелетия»	03.05-07.05	1	РФФИ, РАН
Турция	25-й Европейский кристаллографический конгресс	16.08-22.08	3	РФФИ
Канада	17-я Международная конференция по ионике твердого тела	27.06-05.07	3	РФФИ, РАН
Германия	International Symposium on SPIE Europe Microtechnologies for New Millenium	03.05-07.05	1	ПС, РФФИ, РАН
Германия	Международная конференция по магнетизму ICM 2009	26.07-01.08	2	РФФИ, РАН
Италия	Международная конференция «Новые явления в квантовых Холловских системах-3»	25.06-28.06	1	РФФИ, ПС
Греция	Международная	05.05-11.05	1	РФФИ, ПС

	конференция «Высокотемпературная капиллярность-2009»			
Украина	Международная конференция «Оксидные материалы для электронной инженерии» OMEE-2009	21.06-26.06	1	РАН, РФФИ
Украина	Международная конференция МН-2009	25.08-01.09	1	ПС
Италия	Международная школа кристаллографии «Кристаллография при высоком давлении»	04.06-15.06	1	РФФИ, ПС
Алжир	Международная конференция «New Materials Disigh Technology for the Next Generation of Perfomed Components, NMDT- NGPC'2009»	16.05-21.05	1	РФФИ
Италия	Международная конференция по системам металл-водород (GRC2009)	11.07-18.07	1	РАН
Австрия	17-й Международный Планзее-Семинар	23.05-31.05	1	РАН
Китай	Международная конференция ISMANAM- 2009	04.07-11.07	1	РФФИ, РАН

Германия	Международная конференция «Международная конференция «Emergent Phenomena in quantum Hall Systems»	24.06-29.06	1	РФФИ
Украина	Международный семинар «Современные достижения в микроволновой сверхпроводимости, фотонике и электронике»	09.06-13.06	1	РАН
Италия	Международная конференция «Diffusion in Solids and Liquids (DSL2009)»	22.06-27.06	2	РФФИ
Германия	13-я Международная конференция «Gettering and Defect Engineering in Semiconductor Technology- GADEST 2009»	26.09-02.10	3	РАН
Япония	3-я Международная конференция «Наука и технология современной керамики- STAC3»	16.06-18.06	1	РФФИ
Франция	Международная конференция OECD	15.07-19.07	1	РАН
Беларусь	17-й Международный симпозиум	22.06-26.06	3	РФФИ

	«Наноструктуры: физика и технология (NANO-2009)»			
Австрия	Международная конференция по применению эффекта Мессбауэра (JСAME 2009)	19.07-24.07	1	РФФИ
Германия	15-я Международная конференция по прочности материалов ISMA-15	16.08-21.08	2	РФФИ, РАН
Польша	Международная конференция и школа «XX Conference on Applied Crystallography»	20.09-27.09	1	РФФИ, РАН
Германия	Международная конференция «Полупроводниковая нанофотоника»	13.07-18.07	1	РФФИ
Италия	19-я Международная конференция «Soft Magnetic Materials»	5.09-13.09	2	РФФИ, РАН
Германия	12-я Международная конференция «Formation of Semiconductor Interfaces –ICFSI-12»	04.07-11.07	1	РФФИ, РАН
Украина	21-я Международная конференция «Hydrogen Materials & Chemistry of	24.08-01.09	12	РАН, РФФИ

	Carbon Nanomaterials – ICHMS'09»			
Испания	Международный семинар по квантовой информатике	13.07-17.07	1	РФФИ, ПС
Италия	26-я Международная конференция по физике поверхности ECOSS-26	30.08-04.09	1	РАН, РФФИ
Великобрит ания	Международная конференция по композитам (ICCM-170	27.07-31.07	1	РФФИ
Германия	9-я Международная конференция по прикладной сверхпроводимости EUCAS 2009	13.09-17.09	1	РФФИ, РАН
Германия	9-я Международная конференция «Research in High Magnetic Fields (RHMF 2009)»	22.07-25.07	1	РФФИ, Х/Д
Германия	Международная конференция MAGNON09	02.08	1	РФФИ, Х/Д
Италия	5-я Международный симпозиум по лазерным, сцинтиляторным и нелинейно-оптическим материалам ISLNOM-5	03.09-05.09	2	РФФИ, РАН, Х/Д
Австрия	11-я Международная конференция	04.10-10.10	5	РФФИ, РАН

	«Твердооксидные топливные элементы»			
Черногория	Международная конференция по квантовым явлениям в наномасштабах	30.08-04.09	1	РФФИ, РАН, ПС
Польша	Международная конференция NATO	09.09-12.09	1	РФФИ, ПС
Австралия	10-я Международная конференция «Synchrotron Radiation Instrumentation – SRI 09»	27.09-02.10	1	РФФИ
Япония	Международная конференция ICES-11	06.10-10.10	1	РФФИ
Япония	Международная конференция IWES-2009	12.10-15.10	1	РФФИ
Испания	11-я Международная конференция «Optics of Excitons in Confined Systems»	07.09-11.09	2	РФФИ, РАН
Япония	9-я Международная конференция по материалам и механизмам сверхпроводимости M2S-IX	07.09-12.09	1	РФФИ, РАН
Великобритания	Международная конференция «Aperiodik 2009»	14.09-21.09	1	РФФИ
Италия	4-я Международная	19.10-22.10	2	РАН, РФФИ

	конференция «Surfaces, Coatings and Nanostructured Materials (NanoSMat-2009)»			
Украина	5-я Международная конференция «Функциональные материалы ICFM 2009»	05.10-10.10	3	РАН
Германия	12-я Международная конференция «European conference of Solid State Chemistry»	20.09-23.09	1	РФФИ, РАН
Израиль	Международная конференция «50 лет эффекту Аронова-Бома»	10.10-15.10	1	РАН, РФФИ
Бразилия	11-я Международная конференция по перспективным материалам (ICAM)	20.09-25.09	1	РФФИ
Молдова	Международный симпозиум «Сотрудничество с Германией - опыт, новые формы и перспективы»	17.09-20.09	1	РФФИ, ПС
Беларусь	IV Международная научно-техническая конференция «Современные методы и технологии создания и обработки материалов»	19.10-21.10	1	РФФИ

Р.Корея	60-й Международный астрономический конгресс IAC-2009	12.10-16.10	1	РФФИ
Украина	Международная конференция НАТО «Физические свойства наносистем»	28.09-02.10	1	РФФИ, РАН, ПС
Украина	Международная конференция «HighMatTech»	19.10-23.10	1	РФФИ
Япония	3-я Международная конференция по физике ионике твердого тела	25.10-28.10	1	РАН
Испания	Международная конференция «3-rd Directionally Solidified Eutectic Ceramics Workshop»	14.11-20.11	1	ПС

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

Наименование мероприятия	Даты проведения
Международная конференция «Мезоскопические электронные системы-5: Неравновесные и когерентные явления в наномасштабе»	11.06-16.06.2009
Международная конференция «Низкоразмерные металлические и сверхпроводящие системы», посвященная памяти академика И.Ф.Щеголева	10.10-16.10.2009
Международная конференция «Дислокации и инженерия дефектов в твердых телах» (подзаголовок	24.11-27.11.2009

«Влияние атомно-кристаллической и электронной структуры на свойства конденсированных сред»), посвященная памяти академика Ю.А.Осипьяна	
--	--

### 5.Участие в международных программах

Название программы	Период действия
CRDF №RUP1-2841-CG-06 Новые нанокластерные системы в сверхтекучем гелии	01.02-07-31.01.09
INTAS №05-1000008-7923 «Квантовая когерентность в сверхпроводящих нанопесях»	01.10.06-01.04.09
ИНТАС №06-1000014-6462 (ИНТАС молодого ученого)	2007-2009
ИНТАС №05-1000008-8044 «Микроволновый фотоотклик двумерных электронных систем: Сосуществование и взаимодействие коллективных и одночастичных возбуждений»	01.10.06-01.04.09
РФФИ 08-02-90108 Мол_а (Россия–Молдова) Исследование силы пиннинга и возможности повышения критической температуры и критических токов у диборида магния	2008-2009
РФФИ 08-08-90105 Мол_а (Россия-Молдова) Фундаментальные основы создания металломатричных композитов со сверхпроводящими прослойками диборида магния с помощью зернограничного смачивания	2008-2009
РФФИ 08-02-90103 Мол_а (Россия-Молдова) Селективные газовые сенсоры на основе одномерных, двумерных и трехмерных структур оксида цинка	2008-2009
РФФИ 09-03-92481-МНКС_а (Россия-Израиль)	2009-2010

Вызванная деформацией аномальная диффузия в нанокристаллической меди	
РФФИ 08-08-91302-Инд_а (Россия-Индия) Сегрегация на границах зерен, морфология зернограничных преципитатов и модификация поверхности в случае полного и неполного смачивания границ зерен второй твердой фазы в сталях	2008-2009
РФФИ 09-08-92655 ИНД_а (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 09-02-90414- Укр ф а (Россия-Украина) Границы раздела фаз при расслоении в массивных металлических стеклах: теория и эксперимент	2009-2010
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) Полупроводниковые микрорезонаторы для спин-оптоэлектроники	2009-2010
РФФИ –ННИО №08-02-91965 (Россия-Германия)	2008-2010
РФФИ-ННИО №09-02-91339 (Россия-Германия)	2009-2011

Комиссия Европейских Сообществ (Контракт №038941) Усиление международной кооперации в текущей программе FP6 по исследованию хранения водорода в твердых телах	01.01.07-01.01.09
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

#### 6. Стажировки и прием иностранных ученых

Стажировки российских ученых (кол-во)	Стажировки зарубежных ученых (кол-во)	Принято иностранных ученых (кол-во)
2	-	78

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	Полученная позиция в международной/иностранной организации или наименование премии, ордена, медали и др.

		членом или представившего члена РАН к награде	
-			

8.Дополнительные сведения.

8.1.Количество зарубежных командировок сотрудников института – 139  
из них за счет принимающей стороны – 26,  
частично за счет принимающей стороны – 48

8.2. Количество зарубежных командировок директора института,  
оформленных в ИФТТ РАН (общая продолжительность в днях) – 43

**Финансовая справка по состоянию на 1 декабря 2009 ГОДА в  
тыс. руб.**

Доходы за 11 месяцев, всего	245197	100%
Бюджетное финансирование РАН	182036	74.24
Финансирование из РФФИ	35126	14,331
Финансирование из Миннауки и по ГНТП	8406	3.43
Получено по хоздоговорам	11396	4.65
Получено по международным контрактам	3483	1.42
Получено по коммерческой деятельности	1325	0.54
Аренда	3425	1.40
Расходы за 11 месяцев, всего	191615	100%
Заработная плата	96043	50,12
Начисления на заработную плату	23157	12,09
Выплаты из ФМП	83	0,04
Коммунальные платежи	10180	5.31

Научная работа (материалы, приборы и т.п.)	20614	10.76
Прочие расходы (канц., связь, ремонт)	35200	18,37
Оборудование	6338	3.31

**Справка по штатному состоянию на 1 декабря 2009 г.**

Количество сотрудников	2008 год	2009 год
Сотрудники ИФТТ	491	462
Совместители	29	39
в том числе научные сотрудники	22	12
Научные сотрудники	173	179
в том числе:		
доктора наук	50	54
кандидаты наук	113	108
Молодые специалисты, принятые в ИФТТ	5	7