

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

**ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ И НАУЧНО-
ОРГАНИЗАЦИОННОЙ РАБОТЕ ЗА 2016 ГОД**

**Директор ИФТТ РАН
Член-корреспондент РАН**

Кведер В.В.

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

Абросимова Г.Е.

Содержание	стр.
Характеристика научной деятельности ИФТТ РАН в 2016 году	3
Научные результаты, полученные в рамках выполнения Госзадания	4
Научные и научно-технологические разработки, финансируемые за счет внебюджетных источников	65
Гранты молодых ученых	65
Результаты, полученные при выполнении грантов РФФ	67
Результаты, полученные при выполнении грантов РФФИ	73
Результаты, полученные при выполнении хоз.договоров	121
Характеристика научно-организационной деятельности ИФТТ РАН в 2016 году	130
Научно-образовательная деятельность	135
Выставочная и инновационная деятельность	141
Патентно-инновационная деятельность	137
Сведения по международной деятельности	151
Справка по штатному состоянию на 1 декабря 2016 г.	160
Финансовая справка на 1 декабря 2016 г.	160

Характеристика научной деятельности ИФТТ РАН в 2016 году

В течение 2016 года Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела Российской академии наук проводил научные исследования по следующим, ранее утвержденным и отраженным в плане работ на 2016 г., основным направлениям в рамках Государственного задания.

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

- Программы Мин.обр.науки – 2 контракта;
- Программы РАН – 11 программ;
- Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ) и региональные РФФИ – 85 проекта;
- грант Президента РФ «Поддержка молодых ученых» - 4
- РФФИ – 8 проектов;
- РФФИ – Италия – 1 проект;
- контракты и договоры на выполнение НИР - 17 проектов;
- международные контракты – 1.

По результатам исследований научными сотрудниками Института в 2016 году на заседаниях Ученого совета было сделано 58 научных докладов. Всего в 2016 году сотрудники института опубликовали 9 монографий и 254 статей в реферируемых журналах (99 в Российских, остальные – в иностранных журналах) и сделали 356 докладов на конференциях (в том числе около 254 - на международных).

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

В 2016 году дирекция Института провела 42 заседания, на которых было рассмотрено около 100 вопросов.

Научные результаты, полученные в рамках выполнения Госзадания.

Тема № 8.1 Электронные явления и квантовый транспорт в сильно-коррелированных металлических, полупроводниковых и гибридных системах. (Раздел II. "Физические науки», подраздел 8. "Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости". Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы)

Доменная структура в магнитных сверхпроводниках

Методами низкотемпературной магнитно-силовой микроскопии и декорирования ферромагнитными наночастицами исследована структура магнитного потока на поверхности монокристаллов магнитного сверхпроводника $\text{EuFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ с содержанием фосфора 10.0-10.5 ат.%. Впервые в объёмном сверхпроводнике (с критической температурой $T_{sc}=22\text{K}$) при охлаждении в нулевом магнитном поле ниже температуры ферромагнитного перехода ($T_c=18\text{K}$) обнаружена магнитная доменная структура, однозначно указывающая на сосуществование сверхпроводящего и ферромагнитного упорядочения на атомном уровне.

Метастабильная высокотемпературная сверхпроводимость межфазной области Al/Al₂O₃

Обнаружена сверхпроводимость при температуре $\approx 65\text{ K}$ в образцах на основе металлических алюминиевых фольг, подвергнутых поверхностному окислению при специальных условиях. Сверхпроводимость образцов возникает в пограничном (интерфейсном) слое, расположенном между фазами металлического алюминия и его оксида Al_2O_3 . Установлено, что исследованные сверхпроводники являются нестабильными при нормальных условиях, в то время как хранение образцов при температуре жидкого азота (77 K) позволяет неограниченно долго сохранять их сверхпроводящие свойства.

Переход Березинского-Костерлица-Таулесса в высокотемпературных сверхпроводниках

Исследованы температурные и частотные зависимости (30 кГц - 50 МГц) высокочастотной проводимости в сверхпроводящих гетероструктурах $\text{La}_2\text{CuO}_4/\text{La}_{1.65}\text{Sr}_{0.45}\text{CuO}_4$, а также магнетосопротивление в таких гетероструктурах и сверхпроводящих пленках FeSe на SrTiO_3 в постоянных и в импульсных магнитных полях до 56 Т. Обнаружен динамический переход Березинского-Костерлица-Таулесса, когда длина когерентности пар вихрь – антивихрь сравнивается с диффузионной длиной пар. Показано, что верхнее критическое поле $H_{c2}(T)$ в гетероструктурах аномально растет с понижением температуры в противоречии с орбитальной и спиновой моделями.

Поверхностный импеданс органических проводников

Проведены измерения температурной зависимости поверхностного импеданса $Z=R+iX$ кристаллов карра- $\text{ET}_2\text{Cu}(\text{NCS})_2$ в температурном интервале от 5 до 300 К в ас-ориентации образцов на частотах 9 ГГц, 16 ГГц и 23 ГГц. Показано, что i) на частотах 9 ГГц и 16 ГГц у измеренных кривых отсутствует условие нормального скин-эффекта $X(T)=R(T)$; на частоте 23 ГГц это условие выполняется в интервале от 10 К до 30 К; ii) у зависимости $R(T)$ есть пик, который смещается в более высокие температуры с увеличением частоты. Обнаруженное поведение указывает на то, что глубина скин-слоя сравнима с толщиной образца.

Гибридные структуры и устройства на основе нанопроволок и нанотрубок

Исследован эффект близости и джозефсоновский ток в гибридных SNS наноструктурах ниобий (S) - медная нанопроволока (N) – ниобий (S). Экспериментальные результаты и их обработка на основе разработанной теоретической модели показывают, что джозефсоновский переход в этом устройстве возникает в медной нанопроволоке между участками с

наведенной сверхпроводимостью («мини-щелью») с критической температурой равной $2/3$ от критической температуры ниобиевых электродов.

Проведено теоретическое исследование эффекта близости и когерентного зарядового транспорта в гибридных структурах на основе полупроводниковых тонких пленок с сильным спин-орбитальным взаимодействием и сверхпроводников s-типа во внешнем перпендикулярном магнитном поле. Детально изучены магнитополевые зависимости ток-фазовых соотношений в асимметричных джозефсоновских структурах и обнаружены особенности в ток-фазовых соотношениях в сильном магнитном поле для прозрачной границы раздела сверхпроводник/ полупроводниковая тонкая пленка. Предложен эксперимент для подтверждения полученных теоретических результатов.

На основе углеродных нанотрубок изготовлены устройства с различной конфигурацией контактов. Отработаны схемы совмещения с точностью позиционирования не хуже 100нм. Отработана методика изготовления контактов через слой Al_2O_3 для уменьшения остатков резиста и улучшения контактного сопротивления. Сопротивление устройств с несколькими параллельными нанотрубками, включающее контактные сопротивления, составляет порядка 100кОм.

Джозефсоновские гибридные структуры со спин-орбитальным взаимодействием.

Для корректного описания триплетных корреляций и магнитоэлектрических эффектов в сверхпроводящих гибридных структурах разработана квазиклассическая модель, учитывающая спин-орбитальное взаимодействие. На основе этой модели *рассчитан* магнитоэлектрический эффект (эффект Эдельштейна) в баллистическом двумерном джозефсоновском контакте с металлом с сильным спин-орбитальным взаимодействием в качестве барьера.

. Гибридные структуры на основе двумерных электронных систем.

Изготовлены гибридные структуры на основе двойной электронно-дырочной системы InAs/GaSb с инверсией зон. Такая система, в зависимости от ростовых параметров (толщины ям, встроенные механические напряжения) представляет собой двумерный топологический изолятор либо двумерный полуметалл. В обоих случаях существенную роль в транспортных эффектах играет инверсия зон и наличие краевого потенциала у границ образца. Проведено тестирование гибридной структуры InAs/GaSb- сверхпроводящий ниобий и показана возможность её применения для исследования процессов Андреевского отражения.

В другом типе гибридных структур - ферромагнетик - двумерный топологический изолятор на основе широкой квантовой ямы HgTe продемонстрировано направленное (по отношению к инжектирующему и детектирующему контактам) протекание тока спин-поляризованных носителей вдоль края образца.

Исследованы электронные свойства в сильно взаимодействующих двумерных электронных системах на основе квантовых ям SiGe/Si/SiGe при низких температурах в магнитных полях. Из транспортных характеристик определено произведение эффективной электронной массы и g-фактора. Выполнены сравнение и анализ результатов, полученных разными методами.

*Дробовой шум в гибридной структуре топологический изолятор -
сверхпроводник*

Исследован дробовой шум андреевского отражения в одиночном контакте топологический изолятор – сверхпроводник (роль второго терминала для измерений играл контакт нормальный металл – топологический изолятор). В такой структуре удалось продемонстрировать удвоение эффективного заряда в дробовом шуме, что является первичным признаком андреевского отражения в

исследованных диффузионных образцах. Кроме того, обнаружено неожиданное уменьшение фактора Фано в режиме андреевского отражения: $F \sim 0.2$ вместо универсального значения $F=1/3$. Этот результат говорит о конечной теплопроводности слоя топологического изолятора, в котором открывается сверхпроводящая щель, что вполне может объясняться необычной симметрией спаривания.

Электронные явления в структурах с двумерным электронным газом

Обнаружен эффект фиксации уровня Ферми в энергетической щели между уровнями Ландау, реализующий квантовый эффект Холла в присутствии дополнительного резервуара электронов. Эффект возникает в широкой квантовой яме с двумя заполненными подзонами размерного квантования и происходит за счет перераспределения электронов между подзонами. Фиксация уровня Ферми происходит в спектре одной из подзон, в то время как вторая подзона играет роль электронного резервуара.

Обнаружено аномальное усиление амплитуды осцилляций Шубникова - де Гааза под влиянием микроволнового излучения, связываемое с возбуждением электронов из двумерной системы.

Джозефсоновская магнитная память и сверхпроводящие кубиты.

Выполнено микромагнитное моделирование процессов переключения элементов джозефсоновской магнитной памяти, реализованных в 2015 году. Получено хорошее согласие с экспериментом. Объяснены эффекты, связанные с влиянием магнитной анизотропии барьера. Отработана технология приготовления субмикронных джозефсоновских туннельных переходов с размерами вплоть до 50 нм в широком интервале плотностей критического тока для реализации когерентных структур (сверхпроводящих кубитов) в фазовом и зарядовом пределах.

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

Тема № 8.2 Межчастичные взаимодействия и коллективные явления в электронных и экситонных системах в полупроводниковых наноструктурах. (Раздел II. "Физические науки», подраздел 8. "Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости". Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы).

Возбужденные состояния конденсата поляритонов,

В условиях импульсного резонансного фотовозбуждения экситон-поляритонной системы в полупроводниковых микрорезонаторах с высокой добротностью ($Q \sim 50000$) было найдено, что переход с нижней на верхнюю ветвь стабильности происходит с возбуждением надконденсатных возбуждений. Найдено, что в случае циркулярно поляризованной накачиваемой поляритонной моды зависимости энергий надконденсатных частиц с циркулярной поляризацией, совпадающей с поляризацией накачиваемой моды и противоположной ей качественно различны: энергия первых растет сверхлинейно с величиной превышения плотности резонансно возбуждаемого поляритонного конденсата от термодинамически равновесной при химпотенциале, равном частоте резонансного возбуждения, в то время как энергия вторых определяется, в основном, величиной детюнинга между энергиями накачиваемой моды и поляритонного резонанса.

Нестационарные состояния поляритонных систем,

Теоретически исследованы нестационарные состояния поляритонных систем, возникающие в условиях постоянной резонансной накачки. Как правило, состояние поляритонного конденсата в строго постоянных внешних условиях является стационарным, поскольку время жизни поляритонов конечно. Тем не менее, нестационарные состояния могут возникать за счет пространственной неоднородности или анизотропии системы. К настоящему времени известно, что туннельно связанные

конденсаты, локализованные в соседних латеральных ловушках, могут обнаруживать Джозефсоновские осцилляции. Мы нашли условия, при которых в такой системе возможен переход к динамическому хаосу даже без учета связи компонент с антипараллельными спинами, т.е. в неоднородной, но изотропной системе, что считалось невозможным ранее. С другой стороны, строгая однородность системы в сочетании с ее анизотропией и, следовательно, связью спиновых компонент может приводить к переходам между стационарными состояниями с различным спином.

Устойчивость триплетного сверхпроводящего конденсата в гетероструктурах, состоящих из сверхпроводников и низкоразмерных систем со спин-орбитальной связью (SO материал).

Построена обобщенная квазиклассическая теория для описания гетероструктур, состоящих из сверхпроводников и низкоразмерных систем со спин-орбитальной связью (SO материал). На основе этой теории рассчитаны триплетные сверхпроводящие корреляции, которые проникают из сверхпроводника в SO материал. Показано, что данный тип триплетного сверхпроводящего конденсата устойчив к наличию беспорядка в системе. Проведены также расчеты триплетных сверхпроводящих корреляций и индуцированной током спиновой поляризации в джозефсоновском контакте, где SO материал выступает в качестве слабой связи.

Влияние обменного взаимодействия на спиновое расщепление в квантовых ямах на основе полупроводников с сильным спин-орбитальным взаимодействием.

Методом поляризационно-разрешенной спектроскопии продемонстрировано обращение знака z-компоненты g-фактора двумерных электронов по мере уменьшения ширины квантовой ямы GaAs/AlGaAs в сильном перпендикулярном магнитном поле вблизи

фактора заполнения 3. Благодаря обменному взаимодействию, энергетическое расщепление между спектральными компонентами с разной циркулярной поляризацией при рекомбинации электронов с нижайшего уровня Ландау проявляет максимум либо минимум как функция от величины магнитного поля в окрестности данного фактора заполнения; конкретный тип экстремума определяется знаком z-компоненты электронного g-фактора. Описанный метод позволяет обнаружить обращение знака z-компоненты g-фактора при изменении её величины не более чем на ~ 0.06 . Установлено, что данное событие происходит при ширине ямы 65 – 68 Å.

*Механизмы спиновой релаксации электронов в GaAs/AlGaAs
квантовых ямах вблизи нечетных факторов заполнения.*

Исследован электронный парамагнитный резонанс в GaAs/AlGaAs квантовых ямах вблизи нечетных факторов заполнения 3, 5 и 7. По ширине линий резонансного микроволнового поглощения определено время спиновой релаксации двумерных электронов. Изучены зависимости времени спиновой релаксации от фактора заполнения, температуры и ориентации магнитного поля, а также проведено сравнение экспериментальных результатов с теоретическими вычислениями, полученными для различных механизмов релаксации. Показано, что главный механизм релаксации спина при нечетных факторах заполнения заключается в рассеянии спиновых экситонов друг на друге.

Сверхпроводящий переход в однослойных кристаллах NbSe₂ и FeSe₂.

Проведены низкотемпературные оптические исследования элементарных возбуждений в слоистых материалах NbSe₂ и FeSe. На рамановском микроскопе, сопряженном с оптическим криостатом, изучалась температурная динамика спектра нейтральных возбуждений, отвечающих фазовому переходу в состояние с волной зарядовой плотности в NbSe₂, а также в сверхпроводящее состояние. Для измерения спектров

низкоэнергетических возбуждений оптическая схема установки была модифицирована в плане максимального подавления паразитного сигнала на частоте лазера. Для этого был использован узкополосный отрезающий фильтр лазерной линии и добавлены поляризаторы на линиях накачки/детектирования в скрещенной конфигурации. Это позволило подавить лазерную компоненту в собираемом сигнале на 12-14 порядков величины и сочетать измерение сигнала неупругого рассеяния света с визуальной навигацией по поверхности образца. Получены первые данные о величине сверхпроводящей щели в слоистых материалах NbSe₂ и FeSe.

Спин-текстурные жидкости в Холловских ферромагнетиках с дефектами электронной плотности

Методом неупругого рассеяния света исследованы спиновые возбуждения в холловском ферромагнетике с зарядовыми дефектами. Показано, что поведение нижайшей моды спиновых возбуждений в точности отвечает теоретическому расчету, выполненному для случая спин-текстурной жидкости. Обнаружено значительное взаимодействие между модами спинового экситона и спин-текстурной жидкости, которое свидетельствует о необходимости дальнейшего развития теории коллективных возбуждений в холловском ферромагнетике с зарядовыми дефектами.

Развита теория отражения электромагнитных волн от двумерных проводников (полупроводниковых структур и токопроводящих поверхностных и контактных состояний) с нарушенной зеркальной симметрией. Присущее таким системам спин-орбитальное взаимодействие придает им магнето-электрические свойства, а именно, приводит к связи между спиновой намагниченностью и электрическим полем и между током и магнитным полем. В силу этого стандартные методы электродинамики оказываются неприменимыми. Указан новый

метод получения коэффициентов отражения и прохождения электромагнитных волн, учитывающий скачки на двумерной структуре как магнитной, так и электрической компоненты поля.

Руководитель – член-корр. РАН В.Д.Кулаковский

Тема № 8.3 Самоорганизация наноструктурированных систем и физика дефектов в полупроводниках и диэлектриках. (Раздел II. "Физические науки», подраздел 8. "Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости". Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы).

Доказательства секретности ключей в квантовой криптографии используют в качестве критерия секретности следовое расстояние. В ряде работ высказывались сомнения, что данный критерий может быть сведен к критериям, которые используются в классической криптографии. В работе показана прямая связь между сложностью прямого перебора ключей, который является одним из основных критериев секретности в классических системах, и следовым расстоянием, используемым в квантовой криптографии. Приведены верхняя и нижняя граница на число шагов перебора, которые выражаются напрямую через следовое расстояние. Данные границы являются плотными. Конечным продуктом систем квантовой криптографии являются криптографические ключи, секретность, которых гарантируется фундаментальными запретами квантовой механики. Доказательства секретности квантового распределения ключей являются достаточно сложными и многоходовыми. Секретность выражается в определенных терминах, которые отличаются от требований, предъявляемых к ключам в классической криптографии. Секретность ключей в квантовой криптографии выражается в терминах близости к идеальной ситуации. Метрикой близости является следовая метрика. В классической криптографии секретность ключей выражается в

терминах, например, сложности перебора при наличии побочной информации. В квантовой криптографии побочной информацией для подслушивателя является вся совокупность информации о ключах, полученная как из квантового, так и классического каналов. Тот факт, что математический аппарат при доказательстве секретности ключей в классической и квантовой криптографии существенно отличается, приводит к недопониманию и эмоциональным дискуссиям. Поэтому необходимо уметь отвечать на вопрос как связаны между собой различные критерии криптостойкости.

Поскольку строго однофотонный источник пока отсутствует, в системах квантовой криптографии в качестве информационных квантовых состояний используют ослабленное до квазиоднофотонного уровня когерентное излучение лазера со средним числом фотонов $0.1 \text{ -- } 0.5$ в импульсе. Линейная независимость набора информационных когерентных квазиоднофотонных состояний приводит к возможности измерений с определенным исходом (Unambiguous Measurements), которые, при наличии потерь в линии, ограничивают дальность передачи секретных ключей. С определенной величины критических потерь (длины линии) подслушиватель знает весь ключ, не производит ошибок и не детектируется - распределение секретных ключей становится невозможным. Данная проблема решается введением дополнительного контрольного реперного состояния со средним числом фотонов $10^3 \text{ -- } 10^6$, в зависимости от длины линии связи. Показано, что использование контрольного реперного состояния не позволяет подслушивателю проводить измерения с определенным исходом и при этом оставаться недетектируемым. Реперное состояние гарантирует детектирование подслушивателя в канале с большими потерями. Причем информационные состояния могут содержать *mesoscopic* среднее число фотонов} в диапазоне от $0.5 \text{ -- } 10^2$. Предлагаемый протокол технически просто реализуем, допускает гибкую настройку параметров

под длину линии связи, прост и прозрачен для доказательства секретности ключей.

Ответственный исполнитель – д.ф.-м.н. С.Н.Молотков

Изучены зависимости СТМ-изображений ультратонких слоев силицида гадолиния на поверхности кремния Si(111) от сопротивления туннельного промежутка и электронной структуры зонда. Установлено, что электронные особенности в изображениях высокого разрешения отвечают положениям атомов поверхности только при использовании чистых вольфрамовых зондов. Установлено, что большие величины атомных корругаций в случае использования функционализированных вольфрамовых зондов с атомом легкого элемента на острие связаны со смещениями вершинного атома острия, а не с особенностями его электронной структуры.

Руководитель – д.ф.-м.н. С.Н.Молотков

Исследованы особенности электронной структуры и явлений самоорганизации в металлопорфинах. Проведены исследования электронной структуры основных уровней Yb4d, N1s, C1s, O1s, Br3d и валентной зоны иттербиевых металлопорфиринов Yb(acac)TPPBr₈; Yb(acac)TPP; TPPBr₈ и тетрафенилпорфирина методами фотоэлектронной спектроскопии. Определено положение и форма уровня Yb4f для Yb(acac)TPPBr₈ методом резонансной фотоэмиссии с использованием СИ в синхротронном центре BESSY-II. Выявлено изменение электронной структуры при внедрении атома иттербия в центр макроцикла, равномерное перераспределение электронной плотности между атомами азотом пиррольной и аза-группы. РФЭС спектры состояний Yb4d металлопорфирина продемонстрировали трёхвалентное состояние металла (Yb³⁺) в редкоземельных металлопорфинах. Исследования термической устойчивости TPP, TPPBr₈, Yb(acac)TPPBr₈ методом РФЭС в интервале температур 150 – 250 °С при нагреве в сверхвысоком вакууме продемонстрировали разрушение соединения Yb(acac)TPPBr₈ после

прогрева выше 150 С и стабильность базовых тетрафенил- и тетрапиридилпорфиринов.

Проведены исследования влияния электрического поля зонда СТМ на процесс манипулирования отдельными атомами кислорода на поверхности $\text{MoO}_2/\text{Mo}(110)$. Показано, что приложение сильного электрического поля приводит к перемещению атомов кислорода в объем кристалла.

Ответственный исполнитель – к.ф.-м.н. С.И.Божко

Изучены морфология и электронная структура органических молекулярных полупроводников CuPc и CuPcF16 , адсорбированных на эпитаксиальном графене в диапазоне толщин от субмонослойного покрытия до нескольких монослоев. Высококачественный эпитаксиальный графен толщиной в 3 монослоя, имеющий характеристики сплошного квази-свободного графена был синтезирован на поверхности (001) кубического карбида кремния. Основными методами в данном исследовании были Фотоэлектронная спектроскопия PES (исследования валентной зоны и глубоких уровней: $\text{N } 1s$, $\text{C } 1s$, $\text{F } 1s$ и $\text{Cu } 2p$), NEXAFS с использованием линейно-поляризованного синхротронного излучения. Кроме того в качестве дополнительного метода применялся традиционный LEED. Результаты исследования методами LEED и NEXAFS приводят к выводу, что CuPc и CuPcF16 плоские органические молекулы лежат параллельно плоскости графена. Результаты исследований электронной структуры позволили получить данные о взаимодействии органических молекул с графеновой подложкой. В частности обнаружен перенос заряда от эпитаксиального графена к CuPcF16 молекулам.

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

Методами LBIC и EBIC впервые были получены квази-трёхмерные изображения дислокационных следов и дислокационных полупетель. Это позволило обнаружить новый экспериментальный факт - дефекты

формируются только за одним 60° сегментом дислокационной полупетли, тогда как за винтовым и вторым 60° сегментами дефекты не выявляются. Анализ показал, что только тот 60° сегмент дислокационной петли формирует дислокационные следы, у которого лидирующей является 90° градусная частичная дислокация (расщепление дислокаций в кремнии является общепризнанным). Данные результаты позволяют понять противоречивость экспериментальных данных о дислокационных следах, полученных различными авторами, и является важным для выяснения природы этих дефектов.

Ответственный исполнитель – к.ф.-м.н. В.И.Орлов

Используя методы емкостной спектроскопии глубоких уровней (DLTS) и измерения тока, наведенного лазерным излучением (LBIC), экспериментально исследовано взаимодействие атомов никеля с дислокациями в кремнии. Установлено, что введение атомов никеля в кристаллы с дислокациями приводит к существенному увеличению концентрации «С-дефектов» в ядрах дислокаций и, соответственно, к сильному увеличению электрон-дырочной рекомбинации на дислокациях

Было продолжено исследование дефектов, возникающих в процессе движения дислокаций в кремнии. Используя метод детектирования таких дефектов, основанный на диффузии атомов золота, было установлено, что вакансионные дефекты в плоскостях скольжения дислокаций («дислокационных следах») образуются только при достаточно низких температурах деформации образцов. С увеличением температуры деформации концентрация вакансионных дефектов в «дислокационных следах» значительно уменьшается. Это связано не с отжигом дефектов при повышении температуры, а с особенностями движения дислокаций при низких температурах деформации

Ответственный исполнитель – к.ф.-м.н. М.А.Хорошева

Исследовано влияние условий получения, механических и радиационных воздействий на структуру и свойства

монокристаллических сцинтилляторов на основе галогенидов лантана и церия, а также сцинтилляционных композитов из органических люминофоров и неорганических наночастиц. Определены условия модифицирования сцинтилляционных монокристаллов на основе бромида лантана и композиционных сцинтилляторов для улучшения их технико – экономических параметров. Разработаны две опытных технологии изготовления радиационных детекторов с улучшенными характеристиками на основе указанных сцинтилляторов.

Ответственный исполнитель – к.ф.-м.н. Н.В.Классен

Исследованы особенности спектров дефектной люминесценции в образцах кремния, имплантированных фтором и фосфором. Показано, что, независимо от имплантируемого элемента, после имплантации спектры люминесценции представляют собой сильно трансформированные спектры дислокационной люминесценции (ДЛ) в кремнии. Дополнительные постимплантационные отжиги приводят к сильному возрастанию и перераспределению интенсивности люминесценции в зависимости от имплантируемого элемента.

Исследовано влияние геттерирования золотом пластически деформированных образцов германия на интенсивность ДЛ при низких температурах. Показано, что максимальный эффект наблюдается в образцах р-типа с концентрацией дырок меньше 10^{15} см^{-3} . Это позволило исследовать особенности ДЛ в температурном интервале 4.2К – 80К, что важно для понимания механизма излучательной рекомбинации через дислокации в ковалентных полупроводниках.

Ответственный исполнитель – к.ф.-м.н. А.Н.Терещенко

Руководитель – д.ф.м.н., член-корр. РАН, проф. В.В.Кведер

Тема № 8.4 Фазовые превращения, структура (атомная, магнитная, дефектная) и свойства кристаллов, неупорядоченных и композиционных микро- и наносистем при нормальном и высоком давлении. (Раздел II. "Физические науки», подраздел 8. "Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости". Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы)

Нанокристаллические металлические материалы.

Установлены температурно-временные интервалы образования нанокристаллической фазы в аморфных сплавах на основе железа и алюминия. При исследовании эволюции аморфной фазы к нанокристаллической показано, что при деформации в аморфной фазе происходит процесс композиционного расслоения, приводящий к образованию аморфных областей, характеризующихся разным типом ближнего порядка. Радиусы первых координационных сфер образующихся аморфных фаз зависят от условий деформации и термообработки. Степень расслоения при деформации немного ниже, чем после термообработки. Например, в сплаве $Al_{88}Ni_6Y_6$ радиус первой координационной сферы меняется от 0.289 нм (исходная аморфная фаза) до 0.286 нм (аморфная фаза, обедненная Y) и 0.297 нм (обогащенная Y), в сплаве $Al_{87}Ni_8La_5$ радиусы первых координационных сфер новых аморфных фаз равны 0.298 нм (обогащенная La) и 0.254 нм (обогащенная Ni). Размер нанокристаллов, формирующихся в неоднородном аморфном сплаве, меньше размера нанокристаллов, образующихся в однородной аморфной фазе.

Структура нанокомпозитов (органический полупроводник – металл) и их электронное строение.

Отработана методика выращивания тонких молекулярных слоев органического полупроводника $CuPcF_{16}$ с проводимостью n-типа. Методом термического напыления в условиях сверхвысокого вакуума ($1-3 \times 10^{-10}$ Торр) приготовлены образцы гибридных систем: наночастицы

серебра - тонкая пленка органического полупроводника. С помощью просвечивающей электронной микроскопии, в том числе электронной микроскопии высокого разрешения, показано, что после напыления серебра на поверхность органического полупроводника происходит процесс самоорганизации атомов серебра, которые объединяются, формируя наночастицы. Изучена морфология ансамблей наночастиц серебра, распределенных в органической матрице CuPcF_{16} , в зависимости от количества осажденного металла, а также электронное строение наноконструкций. При номинальном покрытии серебра 0,4 нм средний размер наночастиц составил $d_{\text{cp}} = 5$ нм. При увеличении покрытия серебра до 4,8 нм происходит рост образовавшихся наночастиц (например, при покрытии Ag 1,6 нм - $d_{\text{cp}} = 14$ нм), которые вступают в контакт друг с другом, образуя островки конденсата. В соответствии с полученными спектрами валентной зоны и глубоких уровней Ag 3d, N 1s, C 1s F 1s и Cu 2p взаимодействие наночастиц серебра на границе раздела с органической пленкой несущественно.

Нанокристаллические оксидные материалы.

Установлено, что:

- температура сегнетоэлектрического фазового перехода частиц титаната бария зависит не только от размера нанокристаллитов, но и от их морфологии. Повышение степени огранки ведет к сужению температурного интервала фазового перехода.
- фаза Ba_2TiO_4 , образованная в спрессованных таблетках порошков, при высокотемпературном отжиге образует области, соседствующие с областями BaTiO_3 такого же размера. Сделано заключение, что причина образования Ba_2TiO_4 обусловлена изменением давления газовой среды, в которой происходит твердофазная реакция. Наличие одновременно BaTiO_3 и Ba_2TiO_4 связано с разным уплотнением межкристаллитного пространства.

Структурные превращения в манганитах лантана.

Методами мессбауэровской спектроскопии и рентгеновской дифракции исследованы структурные превращения в легированных манганитах лантана $\text{La}_{1-x}\text{A}_x\text{MnO}_{3+d}$ ($\text{A}=\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$) стехиометрического состава в широкой области концентраций легирующего элемента ($0 < x < 0.2$). Показано, что во всех соединениях стехиометрического состава происходит структурное фазовое расслоение, а именно, формируется смесь трех орторомбических фаз. Соотношения фаз для разного типа легирующего элемента зависят от содержания легирующего элемента.

Рентгеновская оптика

Экспериментально исследован механизм взаимодействия «изгибных интерференционных полос» с полем смещений квазиточечных дефектов кулоновского типа в геометрии брегговской секционной топографии. Установлено смещение «изгибных контуров» вблизи квазиточечных дефектов. Измерения этих смещений позволяет с высокой чувствительностью и точностью оценивать количественные характеристики локальных деформаций (10^{-4} - $10^{-5}\%$) вблизи поверхности кристалла.

Исследование люминесценции ортоборатов редкоземельных металлов.

Исследованы спектральные характеристики фотолюминесценции, ИК спектры поглощения, морфология и структура полученных в водной среде при 200°C гидротермальным синтезом твердых растворов $\text{Lu}_{1-x-y}\text{Ce}_x\text{Tb}_y\text{VO}_3$. Продуктом этого синтеза являются монодисперсные сферические частицы диаметром 5 мкм, состоящие из нановолокон $\text{LuVO}_3(\text{Tb})$ и CeO_2 . Обнаружено, что после отжига этих образцов при $T=800$ - 970°C в спектре возбуждения ионов тербия возникает полоса ($\lambda_{\text{ex}} = 367$ нм), при возбуждении в которой интенсивность свечения ионов тербия увеличивается более чем на порядок по сравнению с образцами, не содержащими Ce. Совпадение этой полосы с полосой возбуждения

ионов Ce^{3+} свидетельствует о том, что свечение ионов тербия осуществляется в результате переноса энергии от Ce^{3+} к Tb^{3+} . Предположено, что увеличение интенсивности свечения ионов тербия, является следствием увеличения концентрации ионов Ce^{3+} в образцах $\text{LuVO}_3(\text{Tb})$. Соединение $\text{Lu}_{0.89}\text{Ce}_{0.01}\text{Tb}_{0.10}\text{VO}_3$ может рассматриваться в качестве эффективного зеленого люминофора для светодиодов.

Руководитель – д.ф.-м.н. А.С.Аронин

Проведен анализ энергетических причин расслоения ГЦК твердого раствора $\text{Al}(\text{Zn})$ на две ГЦК фазы с содержанием 16.5 ат.% Zn и 59 ат.% Zn . Дано обоснование особой устойчивости ГЦК структуры для определенной электронной концентрации $z=2.83$ и $z=2.41$ электронов на атом, соответственно. В модели почти свободных электронов для $z=2.83$ сфера Ферми вмещает полностью зону Бриллюэна ГЦК структуры и близка к углам W этой зоны (пересечение плоскостей типа 111 и 200). В случае $z=2.41$ сфера Ферми касается ребер (пересечение плоскостей типа 111) в точке K зоны Бриллюэна. Эти особые случаи конфигурации сферы Ферми и зоны Бриллюэна соответствуют более значительному выигрышу вклада электронной энергии и особой устойчивости ГЦК твердого раствора при этих значениях электронной концентрации.

Установлено, что в кристаллах комплекса $[\text{Fe}\{\text{HC}(\text{pz})_3\}_2](\text{TCNQ})_3$, сочетающих проводимость с эффектом спин-кроссовера, возникает синергизм этих явлений. Переход катиона $\text{Fe}\{\text{HC}(\text{pz})_3\}_2$ в высокоспиновое состояние приводит к делокализации электронов в проводящей системе. Проведены низкотемпературные рентгеноструктурные исследования кристаллов анионного комплекса эндометаллофуллерена ($\text{Sc}_3\text{N}@I_h\text{-C}_{80}^{\bullet-}$). Впервые экспериментально установлена молекулярная структура димера ($\text{Sc}_3\text{N}@I_h\text{-C}_{80}^-$)₂.

Установлено, что ферромагнетизм в ZnO не является внутренним свойством кристаллической решетки, но связан с присутствием в материале границ зерен. Ферромагнетизм возможен как для чистого, так и

для легированного оксида цинка. На основе анализа литературных данных установлено пороговое значение размера зерен для ZnO, легированного Mn, Co, Fe и Ni. В легированных образцах наблюдалась многослойная сегрегация примесей на границах зерен.

Проведены исследования структуры одного из перспективных люминофоров на основе боратов редкоземельных элементов – LuVO₃, легированного Ce и Tb. Установлено, что в этом соединении, синтезированном гидротермальным методом, в ходе последующего отжига при 970°C происходит структурное превращение, в результате которого впервые получена и идентифицирована фаза с моноклинной решеткой, известная для боратов других составов.

Собрана и опробована рабочая станция для рентгенодифракционных исследований при низких температурах и высоких давлениях. Она включает в себя мощный генератор рентгеновского излучения, гониометр в двух вариантах конфигурации – 2-х и 4-х круглые геометрии, точечный сцинтилляционный и двумерный IP детекторы. Дифракционные исследования могут проводиться в схеме высокого, среднего и низкого угловых разрешений в зависимости от применяемых монокроматоров на первичном пучке: Ge(111) – для высокого разрешения, SiO₂(10-1) – для среднего и графит C(002) – для низкого разрешения, когда требуется в основном измерение интенсивностей отражений. Для низкотемпературных съемок при высоких давлениях был изготовлен шток-вставка с узлом крепления камеры высокого давления с алмазными наковальнями для размещения ее в рабочей зоне гелиевого криостата.

Изучено влияние внешнего давления на параметры атомной и электронной структуры κ -(BEDT-TTF)₂Cu₂(CN)₃ в интервале P от 0 до 27 кбар (при T=298 K) и в интервале T от 100 K до 260 K (при P=1 бар). Получены кривые сжимаемости, уточнены параметры структуры и проведены соответствующие DFT расчеты DFT (cam-b3lyp, в базисе 6-31++g(d,p)). Проведен анализ влияния давления на электронные взаимодействия внутри треугольной 2D подрешетки димеров (BEDT-

TTF)₂. Были установлена зависимость параметра анизотропии взаимодействий в этой треугольной решетке от давления.

Для кристаллов комплекса C₆₀-Cd(dtc)₂-DABCO были получены надежные дифракционные данные в диапазоне 0 – 22 кбар, структура кристалла была решена для всех экспериментов прямыми методами без привлечения исходной модели структуры. В случае кристаллов ионного фуллеренового комплекса C₆₀⁻-PPN⁺ наблюдается переход с полимеризацией молекулярных орбиталей C₆₀ вдоль плотноупакованной их цепочки в структуре при температурах ниже 220К. Переход сопровождается скачкообразным уменьшением периода решетки вдоль цепочек. Такой же структурный переход был установлен при барических исследованиях выше 8 кбар.

Проведены структурные исследования сверхпроводящих кристаллов β-(BEDT-TTF)₂I₃ при высоких давлениях. Установлена особенность поведения разупорядоченных групп: йодный анион и контактирующая с ним этиленовая группа переходят в упорядоченное состояние при 2 кбар, в то время как другая этиленовая группа монотонно переходит в упорядоченное состояние уже при более высоких давлениях. Сделан вывод, что переход из состояния с температурой сверхпроводящего перехода 1.2К в состояние T_c = 8К связан с подавлением беспорядка в терминальной этиленовой группе, контактирующей с йодным анионом.

Руководитель – к.ф.-м.н. С.С.Хасанов

Для камер высокого давления типа «Тороид» разработана ячейка, состоящая из медной сердцевины с внешним тефлоновым кольцом и позволяющая проводить барическую обработку льда при температурах ~80–100К и давлениях до 3 ГПа. С использованием этой ячейки получены образцы фазы высокого давления лед-IV. Калориметрические и рентген-дифракционные исследования показали, что при отогреве этих образцов при атмосферном давлении последовательно происходят переходы в фазы

кубического и гексагонального льда, сопровождающиеся выделением тепла.

Термобарической обработкой ($P = 9$ ГПа, $T = 200\text{--}250$ °С) монокристаллических пластин $Gd_2(MoO_4)_3$ получены образцы в необычном структурном состоянии аморфной матрицы (95–97%) с растворенными в ней нанодоменами кристаллической орто-фазы высокого давления (3–5%). Установлено, что нанодомены расположены в аморфной матрице кристаллографически скореллированным образом и при отжиге образца служат зародышами (метками) процесса обратной кристаллизации, конечным результатом которого является возврат пластины в исходное монокристаллическое состояние с исходной пространственной ориентацией.

В системе Ni-H методом закалки до 80 К построена изотерма растворимости водорода при 600 °С и давлениях водорода 0.6–6 ГПа. Показано, что относительное смещение фазовых равновесий в системах Ni-H и Ni-D хорошо описываются моделью, учитывающей только различия в спектрах оптических колебаний гидрида и дейтерида никеля.

Методом закалки до 80 К построена T-P диаграмма системы Rh-H при давлениях водорода 3–9 ГПа и температурах 300–800 °С. Синтезирован массивный образец RhD весом 1 г, и спектр его оптических колебаний исследован методом неупругого рассеяния нейтронов на спектрометре IN1-Lagrange в ИЛЛ (Гренобль) при $T = 5$ К. Исходя из построенной диаграммы системы Rh-H и различия в спектрах оптических колебаний RhH и RhD, рассчитана T-P диаграмма системы Rh-D. Построена изотерма растворимости дейтерия в родии при 400 °С. Определенное из этой изотермы давление образования RhD, однако, сильно отличалось от расчетного. Наиболее вероятная причина – частичное бoльцмановское заполнение водородом тетрапор в родии при высоких температурах.

При температуре 600 °С и давлениях водорода 0.6–7.5 ГПа синтезированы однофазные и однородные образцы твердых растворов водорода в Pd и его ГЦК сплавах с 6 и 20 ат.% Au. Рентген-

дифракционное исследование полученных однородных и хорошо отожженных образцов показало, что зависимость $V(X)$ их мольного объема от концентрации водорода X с высокой точностью линейна. Установлено, что дебатированная в течение нескольких десятилетий сильная нелинейность зависимостей $V(X)$ в твердых растворах Pd-MeH является неравновесным эффектом, основная причина которого – растяжение исследовавшегося поверхностного слоя образцов упругими напряжениями порядка предела текучести, возникавшими из-за скачка объема на границе гидрид/металл при движении этой границы внутрь образца в процессе гидрирования.

Проведена серия закалочных экспериментов по гидрированию одностенных углеродных нанотрубок (ОУНТ) при давлениях водорода до 6 ГПа и температурах 350–500 °С с последующим изучением полученных образцов методами комбинационного рассеяния света и термодесорбции. Ранее на образцах ОУНТ, насыщенных водородом до атомного отношения $H/C \sim 0.8$ при $P=3$ ГПа и $T=350^\circ\text{C}$, наблюдалось разупорядочение углеродной матрицы и значительное увеличение фона в КРС спектрах, что могло быть вызвано полимеризацией ОУНТ. Обнаружить развитие этих эффектов в нынешних экспериментах, однако, не удалось.

Показано, что термодинамическому равновесию в сплавах Ti-Zr при давлениях порядка 5 ГПа и выше отвечает расслоение твердых ω растворов на две фазы ω_1 и ω_2 с различными концентрациями циркония. Эффект обусловлен положительным отклонением концентрационной зависимости удельного объема ω растворов Ti-Zr от закона Вегарда. Объем однородного ω раствора значительно выше, чем объем смеси ω_1 и ω_2 фаз, и давление стабилизирует состояние системы с меньшим объемом.

Руководитель – д.ф.м.н., В.Е.Антонов

Тема № 9.1 Жаропрочные материалы для новой техники. (Раздел II. "Физические науки», подраздел 9. "Физическое материаловедение: новые материалы и структуры, в том числе фуллерены, нанотрубки, графены, другие наноматериалы, а также метаматериалы (в области физики и технологии новых функциональных материалов для эффективного преобразования энергии)". Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы).

Фазовые и структурные превращения в композиционных материалах

Продолжены исследования фазовых и структурных превращений в композиционных материалах на основе систем Nb-Si, Nb-Al, Ti-Al, получаемых методами направленной кристаллизации, диффузионной сварки и вакуумной прокатки многослойных композитов. Получены первые образцы гранул из сплава на основе системы Nb-Si, пригодные для применения в технологии селективного лазерного плавления. Получены первые образцы сплавов на основе эвтектики Nb-Nb₂C. Эта система является базовой для создания новых особо жаропрочных сплавов с карбидным упрочнением. При испытании на изгиб при 1300 °С образцы показали кратковременную прочность 250 МПа.

Руководитель – д.т.н. член-корр. РАН М.И.Карпов

Многофазные высокотемпературные композиционные материалы

Проведена экспериментальная работа по получению керамики карбид кремния – силициды тугоплавких металлов с различным значением параметра А (величиной абсолютной удельной поверхности границ раздела карбид/силициды), при этом объемные доли карбида кремния и силицидов практически совпадали. Показано, что у образцов из данной серии с ростом величины параметра А значительно возрастает электропроводность. Опробована пайка вольфрам - графит с помощью силицидов молибдена и вольфрама. Получено бездефектное соединение, которое может быть интересно для изготовления мощных рентгеновских трубок с вращающимся анодом. Освоен синтез карбида ниобия в печи СГС. Получены перспективные образцы керметов в системе Nb-Hf-C.

Руководитель – д.т.н. Гнесин Б.А.

Диффузионно-контролируемая эволюция островков частиц

Рассмотрена диффузионно-контролируемая эволюция d -мерного острова частиц A в море частиц B при распространении резкого фронта реакции $A+B \rightarrow 0$ при равных подвижностях частиц. Остров частиц A формируется локализованным (точечным) A -источником который действует некоторое конечное время T . Нами выявлены условия, при которых время коллапса острова $t_{\{c\}}$ становится много больше периода инъекции T (долгоживущий остров) и установлено что независимо от размерности системы эволюция радиуса долгоживущего острова описывается универсальным законом, для которого найдено точное аналитическое выражение. Найден закон изменения отношения $t_{\{c\}}/T$ в режиме долгоживущего острова и показано что с ростом периода инъекции это отношение возрастает с ростом T в одномерных системах, не меняется с ростом T в двумерных системах и падает с ростом T в трехмерных системах. Выявлены скейлинговые законы гибели частиц в долгоживущем острове и определены пределы их применимости. Показано также что эти законы асимптотически описывают эволюцию d -мерного сферического острова с однородным начальным распределением частиц обобщая результаты полученные ранее для квази-одномерной геометрии. В качестве ударных результатов представлен систематический анализ эволюции относительной ширины фронта для флуктуационного, логарифмически модифицированного и средне-полевого режимов и продемонстрировано что в широком диапазоне параметров фронт сохраняется резким вплоть до узкой окрестности точки коллапса.

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

Были установлены закономерности формирования нанометрических тонких зернограницных прослоек псевдонеполного смачивания в системах Al-Zn, W-Ni, W-C-Co, в сплавах на основе системы Nd-Fe-B а также в легированном оловом нанокристаллическом оксиде цинка,

синтезированном методом «жидкой керамики». Предложенный новый метод определения абсолютного значения избытка свободного объёма границ зерен впервые был использован для определения свободного объёма границ зерен в сплавах титана.

Руководитель – д.ф.-м.н. Б.Б.Страумал

Трещиностойкие жаропрочные композитные материалы на основе тугоплавких хрупких компонентов

Разработаны технологические схемы и впервые получены композитные пластины на основе Al_2O_3 и $CaAl_{12}O_{19}$, квазипластический характер разрушения которых позволит обеспечить необходимую трещиностойкость жаропрочных композитов с интерметаллидными, оксидными и другими матрицами на основе тугоплавких хрупких соединений. На композитных образцах с волокнами $Al_2O_3 - CaAl_{12}O_{19}$ и молибденовой матрицей получены зависимости относительной прочности образцов с концентраторами напряжений в виде надрезов и образцов без надрезов от критических коэффициентов интенсивности напряжений K^* . Эти зависимости монотонно возрастают, приближаясь к единице при $K^* \sim 25 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$. Микроскопические исследования структуры и процессов разрушения композитов подтверждают получение нехрупких материалов из хрупких компонентов. По разработанным в лаборатории методикам впервые получены характеристики затухания изгибных колебаний и модулей упругости образцов жаропрочных композитов с оксидными волокнами и молибденовой матрицей.

Руководитель – к.ф.-м.н. В.М.Кийко

Впервые разработаны и изготовлены терагерцовые фотонно-кристаллические волноводы на основе профилированных кристаллов сапфира. Результаты исследования распространения терагерцового импульсного излучения в многоканальных волноводах показали возможность их использования для передачи импульсного излучения с минимальной дисперсией в широком спектральном диапазоне от 1,0 до

1,55 ТГц и рекордно низкими потерями – до 2,0 дБ/м на частоте 1,45 ТГц. Полученные результаты демонстрируют эффективность разработанных волноводов для создания новых терагерцовых методов контроля качества, дефектоскопии и медицинской диагностики.

Исследован процесс силицирования биоморфных углеродных материалов и искусственных пористых графитов, существенно отличающихся по структуре и плотности. Разработана методика для прогнозирования, полученных силицированием углеродных матриц. Разработана методика прогнозирования и неразрушающего контроля фазового состава SiC-Si-C керамических материалов. Показано, что расчетный фазовый состав всех исследованных материалов хорошо согласуется с экспериментальными данными, полученными металлографическим методом анализа микроструктуры.

Руководитель – д.т.н. В.Н.Курлов

Тема № 9.2 Новые функциональные материалы для микроэлектроники, оптоэлектроники и эффективного преобразования энергии. (Раздел II. "Физические науки», подраздел 9. "Физическое материаловедение: новые материалы и структуры, в том числе фуллерены, нанотрубки, графены, другие наноматериалы, а также метаматериалы (в области физики и технологии новых функциональных материалов для эффективного преобразования энергии)". Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы)

Получение монокристаллов селенида и теллурида галлия и висмута

Разработан способ синтеза GaS, позволяющий получать высокочистый однофазный материал, на основе которого выполнено приготовление образцов непрерывного ряда твердых растворов $\text{GaSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0-1$) и исследование их оптических свойств и фазового состава. Совместно с исследователями University of Münster и University of Sheffield предложены однофотонные источники излучения на основе монокристаллических 2D-фольг GaSe, работающие в интервале от криогенных температур до 300 К. Формирование источников обеспечивается локальными деформациями фольг за счет наноразмерных

кластеров Se, вызывающими запирающий потенциал, обеспечивающий локальный захват экситонов. Полученные результаты перспективны для создания прототипов техники квантовых вычислений и квантовых каналов связи.

Руководитель – к.т.н. Н.Н.Колесников

Изготовление ТОТЭ методом совместного спекания электродов

Представлены результаты оптимизации технологии изготовления мембранно-электродных блоков твердооксидных топливных элементов методом совместного спекания электродов при повышенных температурах, близких к оптимальным для спекания анодного электрода. Переход к более высоким температурам совместного спекания электродов обусловлен нестабильностью электрохимических характеристик МЭБ ТОТЭ, электродная система которых сформирована при пониженных температурах.

С целью предотвращения химического взаимодействия между катодным материалом и анионным проводником на базе стабилизированного диоксида циркония в конструкцию был введен защитный подслой, была проведена замена анионного проводника в композиционном функциональном катодном электроде. Незначительные изменения были внесены и в другие параметры изготовления электродов. В результате проведенной оптимизации были получены плоские образцы с многослойными электродами оптимизированного состава и микроструктуры. Полученные МЭБ демонстрируют стабильные высокие электрохимические характеристики. Плотность снимаемой с элемента мощности при рабочей температуре 850 оС и рабочем напряжении 0.8 В составляет 280 мВт/см². За время краткосрочных ресурсный испытаний внутреннее сопротивление ТОТЭ уменьшилось на 9%, что объясняется как улучшением электрического контакта на внутренних интерфейсах экспериментальной сборки, так и увеличением каталитической активности анодного электрода. Исследования импедансных спектров,

полученных при различных парциальных давлениях кислорода и водорода, показали, что для дальнейшего улучшения характеристик МЭБ ТОТЭ необходимо уделить особое внимание уменьшению вклада во внутреннее сопротивление элемента реакций, протекающих на катоде ТОТЭ.

Руководитель – д.ф.-м.н. С.И.Бредихин

Синтез микрочастиц SiO₂ сферической формы размерами от 5 микрон до 50 микрон

Для обеспечения единства оптических измерений дзета-потенциала в рамках импортозамещения разработаны отечественные стандартные образцы (СО) дзета-потенциала на основе водной суспензии наночастиц диоксида кремния, синтезированные методом гетерогенного гидролиза тетраэтилортосиликата (ТЭОС) с использованием экологически чистого катализатора (L-аргинин). Получены образцы сферических наночастиц SiO₂ диаметром ~ 20 nm, демонстрирующие значения дзета-потенциала (ZP) в диапазоне -30 mV ÷ - 50 mV. Исследования выполнены совместно с ФГУП ВНИИОФИ.

Синтезированы полые наночастицы аморфного диоксида кремния золь – гель методом в присутствии структурирующей матрицы. В качестве органической темплаты использовали коммерческий триблок сополимер EO20-PO70-EO20 (P123, где EO – полиэтилен оксид и PO – полипропилен оксид). Показано, что при добавлении гомогенизирующего компонента (Na₂SO₄·10H₂O) размеры полых частиц SiO₂ уменьшались с 150 -300 нм до 23 нм. Удельная поверхность для малых частиц составила 48 м²/г, объем пор – 0.20 см³/г.

Продемонстрировано значительное увеличение интенсивности (более чем на порядок) генерации третьей гармоники при оптической накачке лазером фотонного кристалла на основе синтетического опала в область фотонной запрещенной зоны (ФЗЗ). Повышение нелинейной конверсии обусловлено локализацией света в периодической структуре

фотонного кристалла при накачке в области ФЗЗ, что подтверждается аналитическими и численными расчетами (совместно сМГТУ им. Баумана).

Исследовано влияние структур двумерных микроволновых фотонных кристаллов на падающий на эти структуры поток СВЧ-излучения. Получены картины распределения электрической компоненты микроволнового поля в диапазоне частот от 7 ГГц до 20 ГГц в пространстве вокруг исследованных структур двумерных микроволновых фотонных кристаллов при различной их ориентации по отношению к падающему на них потоку СВЧ-излучения, что позволяет судить о преломляющих свойствах данных структур.

Руководитель – д.т.н. Г.А.Емельченко

Исследование фазового состава новых оксидов состава



Выращены кристаллы $Bi_2Sr_2CaCu_2O_8$ для элементов джозефсоновской электроники. В поле кристаллизации ВТСП оксидов европия обнаружено существование изоструктурных оксидов гомологического ряда $Eu_nBa_mCu_{m+n}O_y$, включающего оксиды с матричными составами (Ba:Cu) 4:7, 5:8 и 3:5, а также 2:3, 5:7, 3:4, 4:5 и 5:6. Выявлена катионная нестехиометрия оксида *Eu-123*. Выявлена вариация катионного состава в плоскости (001) в сверхпроводящем оксиде *Y-123* ($T_c=91K$), состоящего из нанометровых доменов оксидов ряда $Y_nBa_mCu_{m+n}O_y$.

Руководитель – д.х.н. Л.А. Клинкова

Новые материалы и методы изготовления высокоэффективных электродов и керамических мембран со смешанной ионно-электронной проводимостью для применения в твердооксидных топливных элементах, электролизерах газов и керамических реакторах.

Исследованы термодинамическая стабильность, физико-химические свойства и электрохимическая активность серии перовскитоподобных материалов со смешанной ионно-электронной проводимостью, перспективных для применения в качестве электродов твердооксидных

топливных элементов, электролизеров газов и мембран. Установлено, что в системах $\text{La}_{0.5}\text{A}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}\text{O}_{3-\delta}$, $\text{La}_{0.5}\text{A}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}\text{O}_{3-\delta}$ and $(\text{La}_{0.5}\text{A}_{0.5})_{0.95}\text{Cr}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{O}_{3-\delta}$ ($\text{A} = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$) увеличение радиуса катиона-допанта приводит к улучшению фазовой устойчивости и одновременному снижению удельной электропроводности в условиях предполагаемой эксплуатации материалов. Оптимальное сочетание термодинамических и транспортных свойств, включая как электронную, так и парциальную кислород-ионную проводимость, достигается при сближении радиусов основного и легирующего катионов. Проанализированы механизмы дефектообразования и переноса в смешанных проводниках на основе титаната лантана, хромита лантана и цирконата бария. Оптимизированы методики изготовления новых керамических материалов и пористых электродов на их основе. Проведены ресурсные испытания модельных электрохимических ячеек из новых оксидных материалов.

Руководитель – д.ф.-м.н. С.И.Бредихин

Тема № 12.1 Нелинейные процессы в нанокompозитных магнитных пленках, жидкокристаллических материалах, на поверхности и в объеме квантовой жидкости. (Раздел II. "Физические науки», подраздел 12.

"Современные проблемы радиофизики и акустики, в том числе фундаментальные основы радиофизических и акустических методов связи, локации и диагностики, изучение нелинейных волновых явлений". Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы)

Генерация квантовых вихрей

Эксперименты по генерации вихрей в сверхтекучем гелии показали, что достаточно эффективным генератором турбулентного состояния вихревой системы являются колеблющиеся тела и в частности кварцевые камертоны, используемые в кварцевых часах. Нами были исследованы особенности генерации вихрей в сверхтекучем гелии с помощью камертонов с торсионной модой колебания. Оказалось, что для таких камертонов, несмотря на высокую частоту собственных колебаний (порядка сотен килогерц) основная передача энергии идет в вихревую

систему, а не в звуковые волны, что характерно для камертонов с изгибными модами колебаний. Была построена теория колебаний торсионных камертонов.

Кроме колебательного способа возбуждения, вихревая система генерируется противотоком нормальной с сверхтекучей компонент. Как показали расчеты, сделанные нами, ступенчатое выделение тепла на нагревателе с плотностями потока выше $q > 1 \text{ W/cm}^2$ приводит к резкому увеличению плотности вихревой структуры. Времена повышения температуры от базовой температуры до температуры образования газовой пленки на нагревателе сильно зависит от остаточной плотности вихрей в системе. В работе рассчитана скорость изменения плотности вихрей со временем в разных точках квазиодномерного канала, динамика движения вихрей, изменение скорости движения нормальной компоненты по длине канала. Расчеты объяснили аномальную особенность в парообразовании в сверхтекучей жидкости, когда при одном и том же тепловыделении время образования газовой пленки на нагревателе для более низких температур жидкости меньше чем для более высокой, хотя жидкость требуется нагреть до температуры лямбда линии. Объяснение связано с температурной зависимостью коэффициента роста плотности вихрей, которая выше для низких температур.

Исследование движения зарядов в твердом гелии.

Проведена модернизация рефрижератора растворения для исследования особенностей движения зарядов в образцах твердого гелия при температурах от 4.2К до 50 мК. Подобраны дроссели для 1К ванны. В тестовых экспериментах установка находится в непрерывном рабочем режиме до 5 суток без подлива гелия в криостат. Установлены датчики температуры и давления, выполнены работы по сбору данных в среде лабвью.

Жидкие кристаллы.

Получена двумерная гексагональная структура, образованная трансляционно и ориентационно упорядоченными точечными топологическими дефектами с топологическим зарядом $S=+1$ и пересекающимися стенками. Структура образуется в смектических плёнках жидких кристаллов с антисегнетоэлектрической фазой. Двумерная структура представляет собой новый тип структурного упорядочения, не имеющий аналогов в конденсированном состоянии вещества. Структура получена с использованием процессов самоорганизации, при которой происходит как трансляционное упорядочение, так и изменение формы образующих структуру объектов (смектических островов). Методы, использованные для получения структуры, могут быть применены для получения нового типа структур из топологических дефектов и стенок. Осуществлено в широком диапазоне длин волн обратимое дискретное изменение положения запрещенной зоны жидкокристаллического фотонного кристалла при освещении фоточувствительных материалов. Показано, что самоорганизация частиц со смешанным диполь-квадрупольным взаимодействием топологических зарядов может приводить к образованию в смектических наноплёнках линейных структур из островов со сверхмалым расстоянием между структурообразующими частицами.

Новые сорбционные материалы

Установлено, что увеличение гидрофобности анионного компонента ионной жидкости, входящей в состав композиционных сорбционных материалов на основе углеродных нанотрубок, приводит к увеличению сорбционной способности по отношению к ионам редкоземельных элементов, а увеличение гидрофобности катионного компонента – к ее снижению. Установлено, что ионные жидкости, катионный компонент которой содержит комплексообразующий

полиэтиленгликолевый фрагмент, обладает способностью к извлечению ионов редкоземельных элементов из водных сред.

. Доменная структура

Изучено влияние электрических и магнитных полей на доменную структуру и процессы перемагничивания в таких синтезированных мультиферроиках, как монокристаллический несобственный сегнетоэлектрик молибдата гадолия, допированный железом, так и нанокompозитные гетероструктуры, состоящие из сверхрешеток $[\text{Co/Ni}]_x$ с перпендикулярной магнитной анизотропией, нанесенные на пьезоэлектрическую подложку $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ (PZT), и сверхрешеток $[\text{CoFe/Ag}]_{10}$ с плоскостной магнитной анизотропией, нанесенных на монокристаллический пьезоэлектрик $\text{Pb}(\text{InNb})\text{O}_3\text{-Pb}(\text{MgNb})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ (PIN-PMN-PT) с заданной доменной структурой. Установлено, что приложение электрического напряжения к PZT, инициирующее сжимающие напряжения в $[\text{Co/Ni}]_{4(16)}$ сверхрешетке, вызывает в ней изменение коэрцитивности более чем на 30%. Показано, что даже незначительные деформации (менее 0.01%) могут быть использованы для перемещения магнитных доменных стенок в сверхрешетке $[\text{Co/Ni}]_x$. В гетероструктуре $[\text{CoFe/Ag}]_{10}/(\text{PIN-PMN-PT})$ получено самое высокое на сегодняшний день значение магнитоэлектрического эффекта $\mu_0 \times (dM/dE) = 3,5 \times 10^{-6}$ с/м, наблюдавшегося при комнатной температуре и в широком диапазоне изменения электрического напряжения на кристалле PIN-PMN-PT. Возможность манипуляции магнитными свойствами ультратонких пленок с высокой анизотропией актуальна для уменьшения энергии переключения намагниченности в элементах спинтроники, управляемых электрическим напряжением. В отличие от гетероструктур, магнитные свойства монокристалла молибдата гадолия допированного железом оказались незначительными.

Тонкие магнитные пленки.

Проведено систематическое исследование влияния типа материала буферного слоя (БС) тонких магнитных пленок на их характеристики при перемагничивании. Установлено, что формирование перпендикулярной магнитной анизотропии (ПМА) в магнитной пленке $\text{Co}_{20}\text{Fe}_{60}\text{B}_{20}$ структур $\text{SiO}_2/\text{БС}/\text{Co}_{20}\text{Fe}_{60}\text{B}_{20}/\text{MgO}/\text{Ta}$ возникает при выборе в качестве буферного слоя элементов с 4d (Zr, Nb, Mo, Pd) и 5d (Hf, Ta, W, Re, Ir, Pt) внешними электронными оболочками. Определяющим фактором в формировании ПМА является гибридизация между 3d электронами Fe или Co в слое $\text{Co}_{20}\text{Fe}_{60}\text{B}_{20}$ с 4d или 5d электронами буферного слоя на межфазной границе гетероструктуры. Полученные данные важны для понимания закономерностей образования магнитных структур с ПМА, широко используемых в магнитных туннельных переходах.

Изучена зависимость распределения и преобразования магнитного момента в магнитомягких микроструктурированных $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ тонкопленочных элементах от их формы и размера. С использованием магнитометрии и визуализации доменной структуры установлено, что перемагничивание колец с круглым внутренним отверстием происходит через формирование замкнутой вдоль их оси вихревой структуры, что согласуется с результатами микромагнитного моделирования, тогда как кольца, обладающие эллиптическим отверстием, демонстрируют более сложный характер перемагничивания за счет некогерентных процессов зарождения и распространения доменов в кольцах, формируя метастабильные стохастические магнитные конфигурации. Перемагничивание крестообразных элементов пленок пермаллоя носят качественно иной характер. Установлено, что решающую роль при этом играют магнитостатические поля, присутствующие на внешних углах сторон крестов и (или) вблизи их пересечений с окружающей пленкой, если таковая имеется. Благодаря этим полям формируется структура спиновых вихрей, которая в зависимости от направления поля и размеров ферромагнитных элементов может при перемагничивании

трансформироваться в доменные границы. Эти результаты имеют важное значение для понимания процессов перемагничивания в низкоразмерных ферромагнитных элементах, используемых в устройствах вычислительной техники и спинтроники.

Когерентные фононы

Исследована связь между начальной фазой когерентных фононов и параметром асимметрии Фано. Методом фемтосекундной электронной дифракции осуществлено прямое наблюдение генерации когерентных оптических фононов в пленке сурьмы. В полученных дифракционных картинах наблюдались осцилляции интенсивности, соответствующие частотам колебаний оптических фононов, возбужденных лазерным излучением. Также исследована зависимость поведения полносимметричных и дважды вырожденных когерентных фононов висмута и сурьмы от длительности возбуждаемого импульса и обнаружено различие в зависимостях решеточного и электронного откликов. Выявлено несоответствие интенсивностей полносимметричных и дважды вырожденных фононных мод, наблюдаемых при помощи спонтанного КР и метода накачка-зондирование. Показано, что это несоответствие отражает различные механизмы генерации когерентных фононов высокой и более низкой симметрий.

Формирование вихревого движения на поверхности воды при включении накачки.

Эксперименты по изучению кинетики завихренности на поверхности воды проводились на ванне размерами 140x70 см. Разделяющая перегородка была убрана, а плунжер установлен посередине длинной стороны ванны. Исследовалось формирование завихренности после включения накачки на частоте 4 Гц. Сразу после включения накачки на поверхности отсутствуют крупномасштабные структуры, только решетка вихрей. В первые моменты (10 – 30 сек) после включения

плунжеров на поверхности формируется решетка вихрей, которая полностью разрушается через несколько минут большими вихрями с характерными размерами близкими к длине стороны ванны. Можно заключить, что формирование завихренности после включения накачки имеет понятную, но сложную не экспоненциальную временную зависимость.

Результаты, полученные в рамках выполнения Госзадания по Программам РАН

(Раздел II. Физические науки. Подраздел 8. Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы)

1.32П. "Электронный спиновый резонанс, спинзависящие электронные эффекты и спиновые технологии" (0032-2015-0001)

Исследована спиновая динамика ядер в асимметрично легированной 16 нм AlAs квантовой яме, выращенной вдоль направления [001]. Для этой цели была разработана экспериментальная методика измерения затухания сдвига Оверхаузера парамагнитного резонанса электронов проводимости с течением времени. Ненулевая спиновая поляризация ядер, обуславливающая начальный наблюдаемый сдвиг Оверхаузера, образовывалась при релаксации неравновесной спиновой поляризации электронов вблизи парамагнитного резонанса в ядерную подсистему за счёт сверхтонкого взаимодействия. Измеренное время релаксации ядер вблизи единичного фактора заполнения составило $\tau = 530 \pm 30$ минут при температуре $T = 0.5$ К. Указанное значение более чем на порядок превышает характерные времена релаксации ядер в GaAs/AlGaAs гетероструктурах.

2. Исследован электронный спиновый резонанс в системах двумерных электронов с тяжелой массой, которые реализуются в квантовых ямах на основе AlAs. В таких системах кинетическая энергия значительно подавлена и, следовательно, значительно возрастает роль кулоновского взаимодействия, что может приводить к спонтанной намагниченности электронной системы - должен происходить стонеровский переход в ферромагнитное состояние. Для изучения фазовых переходов в спиновой подсистеме тяжелых фермионов был использован ранее не применявшийся метод динамической ядерной поляризации, которая создавалась за счёт передачи спинов электронов ядрам в условиях электронного спинового резонанса. Процесс спиновой поляризации в квантовых ямах на основе AlAs оказался сильно подавленным в сравнении с квантовыми ямами на основе GaAs – максимальная величина сдвига Оверхаузера оказалась на порядок меньше, а время экспозиции, необходимое для поляризации в 30-40 мТ составляло порядка четырёх часов даже после существенной модернизации экспериментальной установки с целью увеличения СВЧ мощности, попадающей на исследуемый образец. Было показано, что после поляризации форма линии спинового резонанса, в отличие от систем на основе GaAs, существенно меняется – не сдвигается как целое, а расщепляется на 3-4 отдельные линии, что явно свидетельствует о разбиении спиновой системы на домены с разной степенью поляризации.

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

Продолжены исследования эффектов близости и особенностей прохождения микроволнового сигнала через гибридные метаматериалы и джозефсоновские структуры на основе многослойных систем сверхпроводник/ферромагнетик. С помощью разработанной методики низкотемпературных измерений ферромагнитного резонанса в тонкопленочных системах непосредственно на чипе исследованы структуры на основе пермаллоя и слабоферромагнитного сплава PdFe.

Подтверждена кластерная природа ферромагнетизма в PdFe, оценено характерное время перемагничивания ($\sim 3 \cdot 10^{-9}$ с), которое позволяет использовать слои PdFe в разрабатываемых элементах криогенной памяти на основе джозефсоновских магнитных переходов Nb-PdFe-Nb.

Руководитель – д.ф.м.н. В.В. Рязанов

IV.2.1. Физика элементарных частиц, фундаментальная ядерная физика и ядерные технологии (0032-2015-0002)

Экспериментально изучено взаимодействие интерметаллида $MgCo_2$ с дейтерием при давлениях до 2.8 ГПа и двух температурах – комнатной и 200 °С. Образование дейтерида $MgCo_2D_3$, предсказанного теоретически, не обнаружено. Вместо этого, дейтерирование привело к распаду интерметаллида на смесь из соединения Mg_2CoD_5 и кобальта. Эволюция фазового состава образца такой смеси при ступенчатом нагреве от 27 до 500 °С изучена на нейтронном дифрактометре HRPT в Институте Пауля Шеррера (Цюрих). В образце произошло несколько фазовых превращений, завершившихся образованием исходного интерметаллида $MgCo_2$ при 500 °С. Таким образом, $MgCo_2$ относится к материалам для хранения водорода с замкнутым HDDR циклом (гидрирование→диспропорционирование→дегидрирование→рекомбинация).

Руководитель – д.ф.м.н. В.Е. Антонов

I.13.П Теплофизика высоких плотностей энергии (0032-2015-0004)

Исследование высокотемпературной сверхпроводимости интерфейсов Al/Al_2O_3 , образованных ударно-волновым сжатием металлооксидной смеси алюминия и его оксида $\alpha-Al_2O_3$.

В образцах, созданных на основе алюминиевых фольг, подвергнутых поверхностному окислению при специальных условиях, обнаружена сверхпроводимость при температуре ≈ 65 К. Магнитометрические измерения, проведенные в температурном

интервале $4.2 \text{ K} \leq T \leq 80 \text{ K}$ в различных постоянных и переменных магнитных полях, а также электротранспортные исследования указывают на то, что сверхпроводимость возникает в интерфейсном слое, расположенном между фазами металлического алюминия и его оксида Al_2O_3 . Интерфейсный слой образован слабо связанными сверхпроводящими гранулами. Методами электронной микроскопии и рентгеновской дифракции исследована структура интерфейсного слоя. Установлено, что исследованные сверхпроводники являются нестабильными при нормальных условиях, в то время как хранение образцов при температуре жидкого азота (77 К) позволяет неограниченно долго сохранять их сверхпроводящие свойства.

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

I.2П Актуальные проблемы физики низких температур (0032-2015-0007)

Турбулентность на поверхности и в объеме квантовых жидкостей и кристаллов

В наших исследованиях волновых процессов на поверхности жидкого водорода и гелия применяются источники зарядов для создания заряженного слоя под поверхностью жидкости. На заряженной таким образом поверхности возбуждаются волны приложением в дополнении к постоянному напряжению переменного напряжения меньшей величины. От радиоактивных источников мы отказались и используем источник на углеродных нанотрубках. Были выполнены исследования эмиссионных свойств новых источников, приготовленных осаждением нанотрубок на металлическую подложку диаметром 10 мм. Испытания проводили при температуре $T=1.3\text{K}$ в сверхтекучем гелии. Над источником на расстоянии 0.3 мм располагался металлический коллектор. К источнику зарядов прикладывалось постоянное напряжение. Ток, приходящий на коллектор, измерялся электрометром. В свежеизготовленном источнике ток на уровне 0.1 наноампера наблюдается при напряжении 80 Вольт и растет с повышением напряжения. Исследования показали, что эмиссионные

свойства источника после 15 часов нахождения в жидком гелии существенно деградируют, ток на уровне 0.1 наноампера наблюдается уже при напряжении 150 Вольт.

Было установлено, что нахождение источника в жидком гелии в течение 15 часов приводит к уменьшению эмиссионного тока отрицательных зарядов при напряжении 130В более чем в 1000 раз. При напряжениях выше 200В изменений не наблюдается.

Полное восстановление эмиссионных свойств происходит после выдержки источника в вакууме при комнатной температуре в течение 48 часов. Полагаем, что деградация эмиссионных свойств связана с адсорбцией атомов углеродными нанотрубками. Мы не наблюдали влияния нахождения источника в гелии на эмиссию положительных зарядов.

Руководитель – д.ф.-м.н. А.А.Левченко

*Экспериментальное исследование поверхностной сверхпроводимости
(вихревого состояния) в топологических диэлектриках*

С помощью измерений динамической магнитной восприимчивости выявлена сверхпроводимость при температуре ≈ 65 К в образцах на основе металлических алюминиевых фольг, подвергнутых поверхностному окислению при специальных условиях. Магнитометрические измерения, проведенные в различных постоянных и переменных магнитных полях, указывают на то, что сверхпроводимость возникает в пограничном (интерфейсном) слое, расположенном между фазами металлического алюминия и его оксида Al_2O_3 . Установлено, что исследованные сверхпроводники являются нестабильными при нормальных условиях, в то время как хранение образцов при температуре жидкого азота (77 К) позволяет неограниченно долго сохранять их сверхпроводящие свойства.

Изготовлены в одном вакуумном цикле слои CuNi и бислои Nb/CuNi с одинаковой толщиной ниобия для всех образцов (100 нм). На эти плёнки методом декорирования были напылены магнитные частицы и изучены профили Фурье-преобразования, полученных с SEM-изображения. Наличие ниобиевого слоя приводит к увеличению размеров доменов примерно на 20 %.

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

Управление кинетикой экситон–биэкситонного каскада в квантовой точке через связь с оптической модой в полупроводниковом микрорезонаторе

Исследована фотолюминесценция экситонов и биэкситонов в одиночной квантовой точке в микрорезонаторном (MP) столбике диаметром 1.4 микрона, изготовленном из планарного GaAs/AlAs MP (добротность $Q \sim 10000$) со слоем самоорганизованных $\text{In}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ квантовых точек в максимуме электрического поля в активной области резонатора в диапазоне температур 5 – 50 К. Добротность изготовленного MP составляла 4500. Найдено, что увеличение интенсивности спонтанного излучения в таком MP столбике, обусловленное эффектом Парселла, достигает 7 раз как для экситона, так и для биэкситона в квантовой точке при их резонансе с фотонной модой. Показано, что столь большое уменьшение времени жизни экситонов (биэкситонов) в условиях резонанса может быть использовано для регулирования соотношения одно- и двух экситонной оккупации одиночной квантовой точки и кинетики экситон-биэкситонного каскада в этой точке путем изменения отстройки резонансных частот экситона и биэкситона от фотонного резонанса.

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

Исследование джозефсоновских внутренне-фрустрированных сетей и квантовых метаматериалов для реализации квантовых когерентных состояний

Изготовлены и исследованы джозефсоновские переходы с барьером из монокристаллических медных нанопроволок с диаметром 100-170 нм. Зависимость критического тока таких переходов от приложенного магнитного поля не проявляет квазипериодического («фраунгоферовского») поведения, что предсказывалось для переходов с шириной барьера, меньшей чем магнитная длина.

Руководитель – д.ф.-м.н. В.В.Рязанов

Переходы проводник-диэлектрик и сверхпроводник-диэлектрик в сильно коррелированных системах, склонных к зарядовому упорядочению.

Исследованы температурные, частотные и магнетопольные зависимости комплексной высокочастотной проводимости интерфейсного сверхпроводящего слоя гетероструктур $\text{La}_{1.65}\text{Sr}_{0.45}\text{CuO}_4/\text{La}_2\text{CuO}_4$ в магнитном поле H параллельном и перпендикулярном к сверхпроводящему двумерному слою. Показано, что зависимость $H_m(T)$ не испытывает насыщения при низких температурах, а непрерывно растёт с понижением температуры в противоречии с существующими моделями.

Исследованы транспортные свойства тонких плёнок твёрдого раствора $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ в широкой области температур 1,4-300К и магнитных полей до 8 Тл. Наблюдена слабая антилокализация, которая, по-видимому, обусловлена доминирующим вкладом в проводимость поверхностных состояний топологического изолятора. Оценена длина сбоя фазы.

Исследована структура сверхпроводящего кристалла $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+\delta}$ (123) при $T_c=90\text{K}$. Выявлено наличие вариации катионного состава на масштабе несколько нм. Установлено, что наноструктурированность сверхпроводящих кристаллов 123 не зависит от способа их получения и

является свойством самого материала. Локальная вариация катионного состава оксида вызывает вариацию и кислородного содержания из-за разного валентного состояния меди.

Проведены рентгеноструктурные исследования, оптическая характеристика и измерения транспортных свойств монокристаллов на основе комплексов, содержащих заряженные фуллерены C₆₀. Комплекс {cryptand(Na⁺)}(C₆₀)₃ · 2C₆H₄Cl₂ имеет плотноупакованную фуллереновую 3D подрешетку. Кристаллы комплекса проявляют высокую металлическую проводимость, 100–250 S · см⁻¹. Кристаллы комплексов {cryptand(Na⁺)}(C₆₀)₂ и {cryptand(Na⁺)}₈(C₆₀)₆ не показывают металлическую проводимость, что связано с диспропорционированием и локализацией заряда на структурно-неэквивалентных молекулах фуллерена.

Руководитель – д.ф.-м.н. В.А.Гаспаров

Динамика намагниченности в II-VI полумагнитных полупроводниковых гетероструктурах.

С помощью оптических методов исследована динамика спин-решеточной релаксации в квантовых ямах (Zn,Mn)Se/(Zn,Be)Se. Обнаружены резко выраженные провалы в зависимости гигантского Зеемановского сдвига экситонной люминесценции и ускорение спин-решеточной релаксации в определенных магнитных полях меньших 10 Т, когда Mn спиновая подсистема нагрета фотовозбужденными носителями заряда. Построена теоретическая модель, которая объясняет наблюдаемые эффекты на основе внутреннего кросс-релаксационного резонанса внутри магнитной системы.

Методом магнитооптического эффекта Керра с пикосекундным временным разрешением детально изучена когерентная спиновая динамика носителей в гетероструктурах, содержащих квантовую яму InGaAs/GaAs и дельта-слой Mn, разделенные узким слоем GaAs толщиной 2–10 нм. Слабое обменное взаимодействие фотовозбужденных

электронов в квантовой яме с ферромагнитным дельта-слоем Mn проявляется в магнитолевых и температурных зависимостях ларморовской частоты прецессии электронных спинов. Выделен и исследован вклад дырок в керровский сигнал вращения плоскости поляризации.

Руководитель – к.ф.-м.н. А.А.Максимов

Влияние напряжений на формирование, структуру и свойства нанокристаллических материалов на основе переходных металлов.

Исследована магнитная структура микропровода на основе Co (с отрицательной константой магнитострикции (λ_s)). Показано, что магнитная структура состоит из центральных и поверхностных доменов, поверхностные домены имеют циркулярное направление магнитных моментов и размер около 10 мкм. Данное заключение сделано на основе следующих экспериментальных результатов.

На полученных с помощью метода магнитно-силовой микроскопии изображениях обнаружен контраст, свидетельствующий о существовании опоясывающего кольца или кольцевого слоя доменов по краю (поверхности) провода.

При исследовании методом индикаторных пленок (МОИП) обнаружено, что контраст от поверхностных доменов визуализируется только при приложении внешнего поля под углом к оси микропровода (метод регистрирует только радиальные компоненты магнитных моментов). Для такой ориентации поля на МОИП изображениях образцов с отрицательной и положительной константой магнитострикции обнаружены две полосы с противоположным контрастом (светлым и темным) (рис.2). Этот контраст обусловлен отклонениями векторов намагниченности доменов от оси провода на некоторый угол, светлая полоса свидетельствует о выходящих компонентах поля рассеяния, а темная – о входящих. Поперечные модуляции интенсивности в образце с $\lambda_s \sim 0$ соответствуют поверхностным доменам, размер которых составляет около 10 мкм.

Руководитель – д.ф.-м.н. А.С.Аронин

Эффекты самоорганизации и особенности переноса заряда в смешанных ионно-электронных проводниках и композитах из наночастиц, органических и биоорганических молекул.

Разработаны две низкотемпературных методики динамического формирования композитов органика – неорганика, существенно улучшающих атомно-кристаллические и электронные характеристики материалов. По первой в металлическую матрицу шариковой обкаткой внедрялись полимерные молекулы, причем глубина их внедрения оказалась во много раз больше, чем при термодиффузионном и ионно-имплантационном легировании. Обнаружено, что результате низкотемпературного внедрения органических молекул снижаются искажения атомарной структуры металла, улучшаются его антикоррозионные, антиобледенительные и антифрикционные свойства, повышается высокочастотная проводимость.

Во второй методике сцинтилляционная суспензия органика-неорганика наливалась на горизонтальную поверхность крутящегося диска. Центробежной силой из нее выбрасывались микрокапли, образующие в полете волокна композита диаметрами в 10 – 30 микрон. В затвердевавшей на вращающемся диске пленке молекулы полимера выстраивались по радиусу. Светоизлучательные характеристики обоих видов сцинтилляционного композита значительно повышались по сравнению с пленкой того же состава, полученной на неподвижной подложке. Это объясняется улучшением качества связей между органическими и неорганическими компонентами за счет коллинеарности их атомарных структур. Такие композиты востребованы в технике радиационных детекторов и в биомедицинских методиках регенерации тканей.

Руководитель – к.ф.-м.н. Классен Н.В

*Самоорганизация частиц, линейных, точечных топологических дефектов
в полярных и магнитных пленках, нанокластерах, контролируемая
перестройка их структур*

1. В широком диапазоне температур исследованы магнитные свойства синтезированных пленок слабого ферромагнетика $\text{Pd}_{99}\text{Fe}_{01}$. Установлено, что в диапазоне толщин выше 10 нм пленки проявляют себя как ферромагнитный наноструктурированный материал: при толщинах больше 30 нм – объемный, в котором ферромагнетизм определяется перколяционным обменом между кластерами, при толщинах меньше 30 нм – двумерный, в котором ферромагнетизм определяется ферромагнитным упорядочиванием в нанокластерах и дальнедействующим РККИ обменом между кластерами. Соответственно, эти пленки характеризуются двумя последовательными фазовыми переходами по температуре, соответствующие двум механизмам формирования магнитного момента

2. Синтезирована новая функционализированная ионная жидкость 1-фенил-3-метил-4-бензоилпиразолонат триоктилметиламмония. Сорбент получен нековалентным закреплением этого соединения на SiO_2 матрице. Полученный сорбент эффективно извлекает ионы редкоземельных элементов из водных растворов, что может быть использовано для концентрирования и разделения редкоземельных элементов.

3. Показано, что взаимодействие включений в смектических наноплёнках кардинально отличается на больших (по сравнению с размерами включений) и малых расстояниях. На больших расстояниях частицы взаимодействуют как топологические диполи и квадруполь с участием топологических дефектов. На малых расстояниях самоорганизация включений может происходить при их контакте и уменьшении энергии границы по сравнению с изолированными включениями. Этот тип самоорганизации приводит к образованию не наблюдавшихся ранее одномерных и двумерных структур.

Руководитель – д.ф.-м.н. В.В.Рязанов

*Исследование образования и свойств парамагнитных дефектов в
пластически деформированном изотопно-обогащенном ^{29}Si*

Методом фотолюминесценции (ФЛ) исследовалось взаимодействие парамагнитных атомов кислорода со спинами ядер Si^{29} . В работе использовался монокристаллический кремний р-типа как обогащенный изотопом Si^{29} , так и с природным содержанием изотопов. Деформацию образцов производили трехточечным изгибом вокруг длинного ребра (110) до плотности дислокаций $\sim 10^8 \text{ см}^{-2}$. Температуры деформации находились в диапазоне 950–11000 С.

Линия D1 имеет дислокационную природу и ее форма, и интенсивность зависят от рекомбинации на дислокационно-примесных комплексах. Длинноволновое крыло дислокационной ФЛ может быть связано с рекомбинацией на комплексах $^{29}\text{Si}-16\text{-O}$, в то время как коротковолновое крыло полосы D1 возникает в процессе образования кластеров кислорода на дислокациях. Установлено, что интенсивность ФЛ в области линии D1 (0.8 эВ) зависит от концентрации кислородных центров $^{29}\text{Si}16\text{O}$. Природа образования этих центров спин-зависимая. Методом ВИМС определено распределение таких центров по глубине. Количество парамагнитных кластеров, образующихся при пластической деформации кристаллов кремния, увеличивается в кристаллах, обогащенных изотопом ^{29}Si . Обнаружено, что под влиянием дислокаций происходит перераспределение изотопного состава приповерхностных слоев. Данный факт можно контролировать с помощью люминесцентных методов, а именно контролем интенсивности линии D1. Была разработана специальная методика контроля ФЛ при низких температурах и при приложении магнитного поля.

Руководитель – д.ф.-м.н. Э.А.Штейнман

Исследование взаимодействия атомов переходных металлов с дислокациями в кремнии и электронных свойств атомов на дислокациях

Используя методы емкостной спектроскопии глубоких уровней (DLTS) и измерения тока, наведенного лазерным излучением (LBIC), экспериментально исследовано взаимодействие атомов никеля с дислокациями в кремнии. Установлено, что введение атомов никеля в кристаллы с дислокациями приводит к существенному увеличению концентрации «С-дефектов» в ядрах дислокаций и, соответственно, к сильному увеличению электрон-дырочной рекомбинации на дислокациях. Было продолжено исследование дефектов, возникающих в процессе движения дислокаций в кремнии. Используя метод детектирования таких дефектов, основанный на диффузии атомов золота, было установлено, что вакансионные дефекты в плоскостях скольжения дислокаций («дислокационных следах») образуются только при небольшой температуре деформации образцов, порядка 600°C. С увеличением температуры деформации концентрация вакансионных дефектов в «дислокационных следах» значительно уменьшается.

Уменьшение концентрации вакансионных дефектов в плоскостях скольжения дислокаций в образцах, деформированных при 700-800°C, по-видимому, связано не с температурной обработкой образца, а обусловлено особенностями движения дислокаций при различных температурах деформации.

Руководитель – член-корр. РАН, д.ф.-м.н. В.В.Кведер

IV.2.2 Электронные корреляции в системах с сильным взаимодействием (0032-2015-0008)

В настоящее время все большее значение приобретают исследования электронного транспорта одномерных и квазиодномерных объектов, таких как нанотрубки и нанопроволоки. На основе этих объектов можно изготовить полевые транзисторы, в которых концентрацию носителей можно менять в очень широких пределах, прикладывая напряжение на

заднем затворе. Современные методы изготовления нанопроволок позволяют изменять их состав в процессе роста (изменение уровня допирования в проволоках InAs, например, или выращивание гетероинтерфейсов GaAs/InAs), создавая таким образом одномерные объекты с заранее заданным профилем дна зоны проводимости. Для предварительной и надежной характеристики транспорта таких объектов необходимо использовать зонды с регулируемым уровнем прижимной силы контактов, чтобы избежать механического разрушения наноструктуры. Идеальным примером контакта такого рода служит зонд атомно-силового микроскопа (АСМ), работающего в контактной моде. Нами была разработана динамическая полноконтактная мода АСМ. В данной моде острие, закрепленное на колеблющемся кварцевом резонаторе, постоянно находится в механическом контакте с исследуемым образцом, т.е. имеется возможность проводить измерение транспорта в омическом режиме. Сила прижима острия к поверхности управляется системой обратной связи АСМ, и позволяет как выполнять измерение топографии исследуемой нанопроволоки (режим сканирования), так и перемещать нанопроволоку по поверхности образца (режим манипулятора).

Руководитель - д.ф.-м.н. А.А.Шашкин

I.19П Сверхчувствительные сенсоры и гигантское усиление полей оптическими метаматериалами (0032-2015-0010)

Разработаны комбинированные диэлектрические и металлические резонаторы, предназначенные для получения колоссального усиления сигнала неупругого рассеяния света и исследованы их свойства. Показано, что коэффициент усиления при этом достигает рекордных значений 2×10^8 . Для создания комбинированного диэлектрического и металлического резонатора на изготовленную периодическую диэлектрическую структуру методом термического напыления наносился наноструктурированный слой серебра. Установлено, что при

фиксированной высоте диэлектрических столбиков наблюдаются яркие осцилляции коэффициента усиления рамановского сигнала в зависимости от периода (и размера) столбиков. Показано, что обнаруженные осцилляции усиления рамановского сигнала, определяются модами диэлектрического резонатора и определяются соотношением между длиной волны накачивающего лазера и периодом структуры.

Проведено исследование возможностей применения метода спектроскопии гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) для детектирования водорастворимых производных фуллеренов и их ковалентных конъюгатов с ксантеновыми красителями в модельных биологических мембранах липосом и в структуре белка альбумина. Показано, что в липосомах и в структуре альбумина производные фуллеренов и их ковалентные конъюгаты с красителями проявляют характерные спектры ГКР, что позволяет осуществлять детектирование водорастворимых производных фуллерена в фосфатидилхолиновых липосомах при соотношении липид/производное фуллерена = 100, а также конъюгатов фуллерен-краситель в структуре липосомов и альбумина.

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

IV.2.3 Спиновые явления в твердотельных наноструктурах и спинтроника (0032-2015-0011)

Спиновая поляризация ядерной подсистемы в асимметрично-легированных AlAs/AlGaAs квантовых ямах, выращенных вдоль направления [001].

Исследован электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) в асимметрично-легированной 16 нм AlAs/AlGaAs квантовой яме, выращенной вдоль направления [001]. Найдено, что спиновая поляризация ядерной подсистемы в асимметрично-легированных AlAs/AlGaAs квантовых ямах происходит при релаксации неравновесных спинов электронов вблизи парамагнитного резонанса в ядерную подсистему благодаря сверхтонкому взаимодействию. Она приводит к возникновению сдвига Оверхаузера ЭПР. На основании проведенных

исследований сдвига Оверхаузера ЭПР найдено, что только спин 75As взаимодействует с двумерной электронной системой. Обнаружено, что время спиновой релаксации ядер сильно зависит от фактора заполнения электронной системы: оно достигает ~ 200 минут при факторе заполнения уровней Ландау $n=1$ и убывает при отходе от единичного фактора заполнения.

Руководитель – д.ф.м.н., академик И.В.Кукушкин

Аномальное спиновое расщепление в квазидвумерных электронных системах в широкой GaAs квантовой яме.

Исследовано спиновое расщепление в квазидвумерной электронной системе при заполнении двух подзон размерного квантования в широкой квантовой яме GaAs в широком диапазоне магнитных полей. Найдено, что при заполнении нижнего спинового подуровня в верхней подзоне наблюдается огромное увеличение энергетической щели по сравнению со стандартным зеемановским расщеплением электронов: измеренная величина спинового расщепления превышает стандартное зеемановское расщепление более чем в двадцать раз. Увеличение спинового расщепления в области нечетных факторов заполнения связывается с обменным взаимодействием. Величина спинового расщепления в верхней подзоне при заполнении нижнего спинового подуровня заметно превышает существующие данные для случая одной заполненной подзоны.

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

Влияние спинового расщепления на фундаментальные характеристики гибридных наноструктур.

Выполнены теоретические и экспериментальные исследования влияния на сверхпроводящие гетероструктуры спин-орбитального взаимодействия и контакта с ферромагнетиками. В частности,

- (i) рассчитан вклад спиновой восприимчивости в отражение электромагнитной волны от двумерного проводника,
- (ii) получены особые граничные условия для уравнений Максвелла, а, именно, показано, что обе компоненты электромагнитного поля (электрическая и магнитная) должны иметь скачок на двумерной структуре вследствие того, что магнитная компонента поля, действующая на спин электронов, определяется совокупным действием магнитной компоненты падающего излучения и магнитным полем, создаваемым индуцированным током.
- (iii) экспериментально обнаружено влияние спин-активного отражения от границы с ферромагнитным диэлектриком на сверхпроводящие свойства алюминиевых пленок, напыленных на кристалл иттриевого феррита-грана.
- (iv) с помощью микромагнитных расчетов описаны эксперименты с джозефсоновскими магнитными переключателями, перспективными в качестве элементов памяти в сверхпроводниковой цифровой электронике и спинтронике.

Руководитель – д.ф.-м.н. В.В.Рязанов

Раздел II. Физические науки. Подраздел 9. Физическое материаловедение: новые материалы и структуры, в том числе фуллерены, нанотрубки, графены, другие наноматериалы, а также метаматериалы Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы

I.1П Наноструктуры: физика, химия, биология, основы технологий (0032-2015-0003)

Образование нанокристаллов из аморфной фазы и магнитные свойства
- Исследованы особенности строения и магнитные свойства наноструктуры, образованной при ИПД аморфных сплавов системы Fe-Si-В. Установлено, что структура сплава после деформации является

двухфазной и состоит из нанокристаллов Fe(Si) размером около 10 нм, распределенных в аморфной матрице. Показано, что образование нанокристаллов происходит в обширных областях по всему образцу. На электронно-микроскопических изображениях деформированных образцов обнаружены зоны размером от нескольких до десятков нанометров со структурой, отличной от структуры аморфной матрицы. Ориентации решеток нанокристаллов, образовавшиеся в таких областях, имеют неоднородное распределение в пространстве, а наноструктура – признаки текстуры.

- На аморфных сплавах систем Fe-Si-B и Fe-Si-B-Cu-Nb (Finemet) изучена зависимость магнитных гистерезисных свойств от величины внешних напряжений. Измерения магнитных свойств проводились непосредственно при внешнем нагружении (одноосном растяжении). При увеличении напряжения коэрцитивная сила увеличивалась сначала линейно (при напряжении менее 500 МПа), затем зависимость выходила на насыщение, а также увеличивался коэффициент прямоугольности петли гистерезиса.

Руководитель: д.ф.-м.н. А.С. Аронин

Создание композитных зондов туннельной и силовой микроскопии

- Используя методику разложения атмосферного адсорбата в сильном электрическом поле, создаваемом в зазоре между зондом атомно-силового микроскопа и поверхностью проводящего образца, на кончике иглы стандартного кантилевера выращена нанонить. Рост нанонити проводился на воздухе, без использования вакуумных камер. Стандартные кремниевые зонды, модифицированные таким образом, имеют улучшенные характеристики с точки зрения остроты и форм-фактора. Получено атомно-силовое изображение структуры адсорбата на поверхности графена, демонстрирующее пространственное разрешение 1 nm. Зонд обладает хорошей износостойкостью – изображение не меняется в течение 100 сканов.

- Разработана методика припайки нановискеров Bi/Sb на кончик монокристаллической вольфрамовой иглы сканирующего туннельного микроскопа. При помощи такого зонда получено атомное разрешение на поверхности Sb(111).

Руководитель проекта: с.н.с. к.ф.-м.н. С.И.Божко

. Свойства зондов из углеродных нанотрубок

Исследована разрешающая способность зондов из одностенных углеродных нанотрубок и зонда собственного изготовления, у которого в качестве острия была использована многостенная углеродная нанотрубка. Было продемонстрировано, что использование в качестве зонда многостенной углеродной нанотрубки позволяет получить результаты с очень высоким пространственным разрешением, сравнимым с результатом измерения топографии. Найдено, что измерение работы выхода углеродных нанотрубок требует дополнительной калибровки с целью исключения влияния паразитных ёмкостей между зондом и контактами, а также зондом и нижним затвором. Для ее проведения группой была осуществлена существенная модификация калибровки метода локального зонда Кельвина изложенного в статье E.J. Fuller et al., APL 102, 083503 (2013). Измерены величины работы выхода в одностенных углеродных нанотрубках и пучках нанотрубок интеркалированных различными галогенидами металлов.

Руководитель: д.ф.-м.н. А.А. Шашкин

Визуализация дефектов в слоистых системах

С помощью сканирующей туннельной микроскопии атомного разрешения изучены особенности визуализации дефектов и подрешеток неэквивалентных атомов в трех различных слоистых системах (трехслойный графен на поверхности карбида кремния, поверхности скола кристаллов теллурида галлия и селенида висмута). По данным СТМ

определена атомная структура междоменных границ и ее связь с магнитными и транспортными свойствами наноструктурированного графена на поверхности кубического карбида кремния. Определены параметры туннелирования, отвечающие селективной визуализации подрешеток и дефектов в СТМ-изображениях поверхностей скола теллурида галлия и селенида висмута.

Руководитель: к.ф.-м.н. А.Н.Чайка

Времена жизни двумерных триплетных магнитоэкситонов в холловском изоляторе.

Исследованы времена жизни двумерных триплетных магнитоэкситонов в холловском изоляторе в гетероструктурах GaAs/AlGaAs. Исследовано, в частности, влияние температуры на процесс безызлучательного распада, связанный с релаксацией экситонного спина в основное состояние холловского изолятора при факторе заполнения $\nu = 2$. Существование триплетных экситонов устанавливалось по спектрам неупругого рассеяния света, из которых определялась величина синглет-триплетного экситонного расщепления. Обнаружено, что времена жизни триплетных экситонов, обусловленные спиновой релаксацией, в высокосовершенных гетероструктурах GaAs/AlGaAs с большой подвижностью двумерных электронов чрезвычайно велики: они достигают 100 мкс при низких температурах. Обсуждена проблема коллективного поведения системы триплетных магнитоэкситонов большой плотности при низких температурах, вытекающая из бозевской природы магнитоэкситонов.

Руководитель: д.ф.-м.н. Л. В. Кулик

Высокотемпературные механические свойства сплава Nb–Si–Ti–Mo–Zr–Hf–Cr–Al и композитов Ti–Al.

- Проведены исследования по установлению корреляционных связей между результатами измерения механических свойств при испытании на изгиб и растяжение образцов сплава Nb–16Si–18Ti–7Mo–Zr–Hf–Cr–Al–

(ат.%). Испытание на изгиб и растяжение проводили при 1300 °С в вакууме. В процессе испытаний определяли кратковременную прочность и величину 100-часовой прочности. Показано, что кратковременная прочность при растяжении в 2, 7 раза ниже соответствующей при изгибе. Значение 100-часовой прочности при испытании на растяжение в 4 раза ниже соответствующей при изгибе. Полученные корреляционные зависимости позволяют по данным испытаний на изгиб давать оценку ожидаемых стандартных характеристик прочности образцов композиционного Nb-Si материала.

- Изготовлены и изучены композиты Ti-Al 2-х типов. Прекурсоры первого собирали из чередующихся слоев чистого титана и сплава алюминия с 2 масс. % кремния. Прекурсоры второго - из слоев сплава Ti – 7,5Zr - 5Nb - 5Mo (ат%) и слоев того же сплава алюминия. В структуре нелегированного композита Ti/Al-Si на месте Al-прослоек образовались диффузионные слои, каждый из которых состоит из 2-х интерметаллических слоёв Ti_3Al , 2-х слоёв $TiAl$ и одного внутреннего $TiAl_2$ -слоя. Ti-слои после ДС превращались в твёрдый раствор алюминия в титане $Ti(Al)$. Средняя толщина твёрдого раствора и интерметаллических фаз варьировалась от 20 до 25 мкм и от 45 до 47 мкм, соответственно. В обоих случаях наблюдается рост прочности с повышением температуры испытания. Обнаружено, что легирование привело к повышению прочности при всех температурах испытания: прочность на изгиб при 750°C составила 1350 МПа, а при 800°C – 1200 МПа. При этом все образцы имели значительную остаточную деформацию.

Руководитель: д. т.н., член-корр. РАН М.И.Карпов.

IV.2.4 Физика новых материалов и структур (0032-2015-0006)

Разработана методика выращивания монокристаллов черного фосфора. Кристаллы черного фосфора получали из красного фосфора в

ячейке высокого давления. Размеры кристаллов зависят от давления и температуры синтеза, и оптимальными условиями были $P=11$ ГПа и $T=860-880^{\circ}\text{C}$. Образцы обладали орторомбической сингонией с параметрами элементарной ячейки $a=3,313 \text{ \AA}$, $b=10,473 \text{ \AA}$ и $c=4,374 \text{ \AA}$. Гофрированная структура поверхности наблюдается на изображениях, полученных на сканирующем туннельном микроскопе (OMICRON VT AFM XA). При исследовании методом атомно-силовой микроскопии на поверхности некоторых образцов, выдержанных на воздухе в течение нескольких дней, обнаружены окисленные участки, высотой порядка 5 нм и шириной 50 нм. Для анализа стабильности поверхности фосфора в атмосферных условиях, были проведены исследования с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (Kratos AXIS Ultra DLD). Было показано, что в спектре образца, выдержанного в нормальных условиях более 100 дней, присутствует дополнительный пик при энергии 135 эВ ($P2p$), который соответствует оксидной форме фосфора. Обнаружено также изменение спектра валентной зоны после окисления. Расчет плотности состояний в приближении метод теории функционала плотности с функционалом PBESOL удовлетворительно описывает экспериментальные данные.

Руководитель – к.ф.-м.н. С.И.Божко

Разработана методика выращивания $\text{Cr}_{1/3}\text{NbS}_2$ позволяющая получать как стехиометрические (CrNb_3S_6), так и нестехиометрические ($\text{Cr}_{0,26}\text{NbS}_{1,74}$) монокристаллы. Установлено, что стехиометрические образцы демонстрируют температурную зависимость ВЧ поглощения в переменном магнитном поле, указывающую на ферромагнитное упорядочение (температура Кюри 115 К). Исследование фазовой диаграммы $\text{Cr}_{0,26}\text{NbS}_{1,74}$ при высоких давлениях выявляет, наряду с парамагнитными фазами, и предположительно гелимагнитное состояние, однако геликоидальная спиновая структура неустойчива и не всегда формирует солитонную решетку. Полученные результаты имеют важное

значение для разработки материалов, перспективных для применения в спинтронике, в частности, в устройствах передачи данных.

Руководитель – к.т.н. Н.Н.Колесников

Синтезированы полые наночастицы аморфного диоксида кремния золь – гель методом в присутствии структурирующей матрицы. В качестве органической темплаты использовали коммерческий триблок сополимер EO20-PO70-EO20 (P123, где EO – полиэтилен оксид и PO – полипропилен оксид). Благодаря свойствам плуроника, формирующего мицеллы при повышении температуры раствора, гидролиз тетраэтилортосилана приводит к осаждению слоя диоксида кремния на поверхности мицелл. Показано, что при добавлении гомогенизирующего компонента ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) размеры полых частиц SiO_2 уменьшались с 150 -300 нм до 23 нм. Удельная поверхность для ансамбля малых частиц составила 48 м²/г, объем пор – 0.20 см³/г.

Руководитель: д.т.н., проф. Г.А. Емельченко

Разработана методика выращивания из расплава профилированных эвтектических композитов $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2(\text{Y}_2\text{O}_3)$. Исследованы фазовый состав и микроструктура полученных эвтектических композитов $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2(\text{Y}_2\text{O}_3)$ от скорости выращивания V . Показано, что размер колоний изменяется пропорционально V^{-n} , где $n=0,5$. Проведены механические испытания эвтектического композита $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2(\text{Y}_2\text{O}_3)$. Уникальное сочетание свойств эвтектического композита $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2(\text{Y}_2\text{O}_3)$ наряду с возможностью получения из расплава профилированных заготовок близких по своей геометрии к форме конечных изделий открывает широкие перспективы их использования в качестве элементов газотурбинных двигателей (ГТД) и других жаропрочных деталей для увеличения эксплуатационных температур, ведущих к существенному повышению эффективности многих конструкций.

Руководитель - д.т.н. В.Н.Курлов

I.34П Материя при высоких давлениях (0032-2015-0009)

Изучена растворимость водорода в клатратной фазе $\text{Na}_7\text{Si}_{136}$ при давлениях до 100 атм и комнатной температуре. Измерениями *in situ* установлено, что содержание водорода в клатрате монотонно возрастает с давлением и достигает 3.3 вес.% при 100 атм. Методами квадрупольной масс-спектрологии и термодесорбции в вакуум определено, что из образцов, насыщенных водородом при давлении 100 атм и закаленных до температуры жидкого азота, водород выделяется не в форме молекул H_2 , а в виде некоторого водородсодержащего газа – предположительно, силана SiH_4 .

В серии последовательных закалочных экспериментов при давлении водорода 5 ГПа и температуре 600 °С порциями по 0.2 г синтезирован образец твердого раствора Cu-H с концентрацией водорода 0.7 ат.%. Исследование методом неупругого рассеяния нейтронов на спектрометре IN1-Lagrange в ИЛЛ (Гренобль) при $T = 5$ К показало, что фундаментальная полоса оптических колебаний водорода в полученном образце состоит из пика при энергии 100 мэВ с широким и интенсивным плечом со стороны высоких энергий. Наличие этого плеча свидетельствует об отсутствии стягивания оптической полосы в узкий пик локальной моды при концентрации водорода, стремящейся к нулю, в изученном кристалле кубической симметрии.

Изучена стабильность фотополимеров в кристаллах фуллерена C_{60} и молекулярного комплекса фуллерена $\{\text{Pt}(\text{dbdtc})_2\} \cdot \text{C}_{60}$ при высокой температуре. Определена кинетика и критические параметры процесса разрушения фотополимеров и проведено сравнение с кинетикой температурной деградации кристаллических димеров фуллерена, полученных термобарической обработкой C_{60} . Определены величины потенциальных барьеров, разделяющих состояние мономера и фото-олигомеров в кристаллах чистого фуллерена и комплекса $\{\text{Pt}(\text{dbdtc})_2\} \cdot \text{C}_{60}$. Показано, что фото-олигомеры в кристаллах комплекса менее устойчивы

и разрушаются при более низкой температуре, чем кристаллические димеры C_{60} .

Руководитель - д.ф.-м.н. В.Е.Антонов



Раздел II. Физические науки. Подраздел 12. Современные проблемы радиофизики и акустики, в том числе фундаментальные основы радиофизических и акустических методов связи, локации и диагностики, изучение нелинейных волновых явлений Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы

I.37П Нелинейная динамика в математических и физических науках (0032-2015-0005)

Проблема переноса тепла в сверхтекучем гелии тесно связана с поведением вихревой системы в жидкости. Перенос тепла в сверхтекучей жидкости определяется противотоком нормальной и сверхтекучей компонент, что обуславливает высокую теплопроводность среды («сверхтеплопроводность»). Однако движение такого противотока может приводить к увеличению концентрации вихрей. Стоит отметить, что задача вихреобразования для квантовой жидкости упрощается условием квантования вихрей в сверхтекучем гелии. Так движение сверхтекучей компоненты будет квантоваться с характерным квантовым числом равным $n \cdot h/m$, где $n=1$ – устойчивое поведение квантового вихря.

Следствием роста концентрации вихрей может являться торможение нормальной компоненты сверхтекучей жидкости, что приводит к локальным перегревам жидкости и при существенном росте перегрева – к вскипанию гелия. Для сверхпроводящих магнитов такое закритическое тепловыделение приводит к аварийному переходу сверхпроводника в нормальное состояние с резким выделением джоулева тепла – “quench”. В данной работе в рамках двухжидкостной гидродинамики с учетом модели Вайнена (изменение плотности вихрей при имеющемся противотоке нормальной и сверхтекучей компонент) мы

численно исследовали влияние остаточного состояния вихревой системы на локальные перегревы и вскипание гелия.

Было показано, что в зависимости от остаточной плотности вихрей время вскипания гелия может отличаться на порядок при одном и том же тепловыделении. Расчетные времена вскипания достаточно хорошо коррелируют с наблюдавшимися в экспериментах временами образования газовой пленке на нагревателе.

Руководитель - д.ф.-м.н. В.Б.Ефимов

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

I. Гранты молодых ученых

1 Проведена оптимизация состава, микроструктуры и температуры совместного отжига при пониженной и повышенной температурах близких к оптимальной для формирования катодного и анодного электродов, соответственно. Электрохимические исследования показали, что повышение температуры совместного спекания электродов с внесением необходимых изменений с состав исходных композитов и паст позволяет создать электроды требуемой морфологии, обеспечивающие высокие и стабильные во времени электрохимические характеристики.

Грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых за счет средств федерального бюджета МК-5794.2015.2

Руководитель - к.ф.-м.н. И.Н.Бурмистров

2. Установлено, что природа длинновременных осцилляций корреляционной функции интенсивностей сигнала пропускания микрорезонатора (МР) не связана со слабым Раби взаимодействием долгоживущих экситонных состояний и внутриврезонаторным электромагнитным полем. Необходимым условием возникновения осцилляций является совпадение положения и периода продольных лазерных мод с модуляционной структурой в спектре пропускания МР.

Найдено, что сдвиг длины волны лазера или изменение экситон-фотонного детюнинга не приводят к значительным изменениям характера осцилляций. Выяснено, что автокорреляционная функция может демонстрировать появление дополнительных, нечетных частотных гармоник.

Грант Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук - МК-7844.2016.2

Руководитель - к.ф.-м.н. А.А. Деменев

3. В работе по гранту проведено исследование временного отклика терагерцового детектора, работающего на новом физическом принципе при комнатной температуре. Электромагнитная волна возбуждает в двумерной электронной системе детектора особый тип слабо затухающих плазменных волн, переменный потенциал которых выпрямляется в детектируемый сигнал на неоднородности в электронной системе. Измерения времени отклика детектора производились с использованием двух независимых методик, которые дали согласующиеся результаты. Прямые измерения с разрешением по времени показали время отклика детектора менее 150 пс. Более простой гетеродинной методикой было получено время отклика (110 ± 6) пс. Эти результаты доказывают возможность использовать разработанный терагерцовый детектор в качестве узла высокочастотных телекоммуникационных систем нового поколения (до 10 Гбит/с).

Грант Президента МК 5549

Руководитель - к.ф.-м.н. В.М.Муравьев

4. Установлено, что в системе квазидвумерных электронов в сильном магнитном поле при факторе заполнения $\nu = 2$, появляется значительное количество долгоживущих темных спин-флип магнитоэкситонов, а также исчезающе малое количество (одна) неспаренных дырок на нижайшем уровне Ландау в валентной зоне. Показано наличие в спектре

рекомбинации новой интенсивной узкой линии, сдвинутой относительно основной в сторону меньших энергий на величину 2 мэВ. Эта линия, проявляется только в присутствии долгоживущих спиновых экситонов. Этот процесс можно рассматривать как превращение триона – трехчастичного комплекса, состоящего из электрона на нижнем спиновом подуровне первого уровня Ландау и двух дырок, в другой трехчастичный комплекс – плазморон.

МК-7386.2015.2

Руководитель - к.ф.-м.н. А.С. Журавлев

II. Результаты, полученные при выполнении грантов РФФ

1. Исследована зависимость структуры доменов спонтанного электрического поля, возникающих в индуцированном микроволновым излучением бездиссипативном состоянии двумерной электронной системы, от внешних параметров: магнитного поля и мощности излучения. Обнаружено, что в пределах одного бездиссипативного состояния возможны различные доменные структуры. Установлено, что переходы между этими структурами происходят при изменении как магнитного поля, так и мощности микроволнового излучения.

В широкой области частот выполнены исследования микроволнового поглощения двумерной электронной системой. Обнаружена и исследована тонкая структура циклотронного резонанса. Установлено, что эта структура образуется гармониками размерного магнитоплазменного резонанса с большими номерами. Линии тонкой структуры располагаются в магнитном поле по обе стороны от положения циклотронного резонанса вследствие эффектов запаздывания. Ширина этих линий определяется исключительно столкновительным механизмом затухания магнитоплазмонов.

В двумерной электронной системе, создаваемой на гетеропереходе ZnO/MgZnO, обнаружены и исследованы индуцированные микроволновым излучением магнето-осцилляции сопротивления и фото-

ЭДС. Установлено, что эти осцилляции имеют одинаковый период по обратному магнитному полю, соответствующий периодичности гармоник циклотронного резонанса. Из значения периода и зависимости положения экстремумов магнето-осцилляций от частоты микроволнового излучения определена величина эффективной массы электронов.

Разработан, изготовлен и испытан интерферометр плазменных волн типа Фабри-Перо, в котором интерферируют волны, возбуждаемые в двумерной электронной системе, образующей проводящий канал полевого транзистора. Длина плазменной волны меняется за счет изменения плотности двумерных электронов, происходящего при изменении напряжения на затворе транзистора. Плазменные волны возбуждаются в интерферометре микроволновым излучением. Их интерференция проявляется в виде осцилляций микроволновой фото-ЭДС. Период осцилляций обратно пропорционален частоте излучения. После простой калибровки интерферометр может использоваться для спектроскопии микроволнового излучения. Работа интерферометра проверена в диапазоне частот 13-70 ГГц.

Обнаружены индуцированные микроволновым излучением магнето-осцилляции емкости полевого транзистора с размерно-квантованным проводящим каналом, доказывающие неравновесное заполнение электронных состояний, осциллирующее по энергии. Установлено, что спектр магнето-осцилляций состоит из суммы и разности двух частот, одна из которых определяется заполнением подзон размерного квантования, а вторая – отношением энергии кванта излучения к циклотронной энергии электронов. Спектр осцилляций описан теоретически с использованием неравновесной функции распределения электронов, осциллирующей по энергии вследствие квантования Ландау.

Грант РФФИ 14-02-00599

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

2. В свободно подвешенном графене впервые обнаружены коллективные плазменные и магнитоплазменные возбуждения в системе электронов (и дырок). Из зависимости циклотронной энергии от магнитного поля в исследовано изменение скорости электронов и дырок от их концентрации и обнаружено значительное (до 40 %) увеличение скорости как электронов, так и дырок в пределе малой плотности.

Проект РНФ 14-12-00693

Руководитель - д.ф.-м.н. И. В. Кукушкин

3. Приготовлены новые сверхпроводниковые джозефсоновские структуры на основе сверхпроводников, ферромагнетиков, нормально-металлических и полупроводниковых нанопроволок.

Выполнены теоретические и экспериментальные исследования слоистых структур сверхпроводник-ферромагнетик. Обнаружен и исследован механизм аномально высокой скорости индуцированного током движения доменных границ в бислойных структурах пермаллой/ниобий.

Предложен новый механизм создания неравновесных спиновых сигналов и переноса их на мезоскопические расстояния, имеющий место только в сверхпроводящем состоянии при наличии расщепления спиновых подзон внешним магнитным полем.

Построена теория эффекта близости сверхпроводник-материал со спин-орбитальным взаимодействием, предсказаны сверхпроводящие триплетные корреляции, возникающие без магнитных элементов в системе, вычислено значение индуцированной током спиновой поляризации (эффект Эдельштейна). Для систем с 3D топологическими изоляторами предсказан гигантский эффект Эдельштейна и возможность создания джозефсоновских π -контактов, управляемых с помощью электрического напряжения.

Выполнены теоретические исследования магнито-оптических проявлений нарушенной зеркальной симметрии двумерных проводников

Показано, что в присутствии внешнего параллельного магнитного поля амплитуды отражения, прохождения и поглощения падающей на структуру электромагнитной волны приобретают, благодаря спин-орбитальному взаимодействию, аномальную билинейную зависимость от волнового вектора волны и магнитного поля. Исследовано также влияние на отражение, прохождение и поглощение микроволнового сигнала индуцированной им спиновой намагниченности в 2D электронном слое.

Проект РНФ 14-12-01290

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

4. Исследованы когерентные свойства однокомпонентного линейно поляризованного ЭП конденсата в высокодобротных МР. Найдено, что резонансно возбуждаемый конденсат экситонных поляритонов в микрорезонаторе наследует высокую когерентность от лазерного импульса накачки, высокая когерентность сохраняется и в конденсате, расширяющемся в пространстве из-за отталкивательного межчастичного взаимодействия. Доказано, что основной причиной нарушения когерентности в конденсате при нерезонансной накачке является его взаимодействие с экситонным резервуаром.

Исследована возможность реализации в поляритонных системах спиновой турбулентности при резонансном фотовозбуждении. Теоретически предсказан новый механизм, приводящий к “турбулентности”, т.е. детерминированному пространственно-временному хаосу поляризации электромагнитной волны. Свет с такими свойствами возникает при прохождении плоской волны через анизотропный микрорезонатор с сильной экситон-фотонной связью.

Исследована возможность использования хиральной фотонно-кристаллической структуры (ХФКС) в ахиральном планарном AlGaAs /AlAs МР для реализации циркулярно поляризованной лазерной генерации при комнатной температуре в отсутствие внешнего магнитного поля. Изготовлены лазерные структуры с рассчитанными параметрами

ХФКС. Найдено, что степень циркулярной поляризации лазерного излучения в изготовленных лазерах достигает 80%. Преимуществом использования ХФКС является его гигантская оптическая активность, позволяющая изготовить полуволновую пластинку толщиной порядка длины волны света и реализовать монолитную структуру с контролируемой циркулярной поляризацией.

Проект РНФ 14-12-01372

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

5. Установлено, что полупроводниковый нанопровод является, практически, идеальным объектом для проведения первичных термометрических и неравновесных шумовых исследований. Показано, что шум ППН, находящегося в контакте с неравновесным металлом является функцией его шумовой температуры в точке их взаимного контакта (для сильно неравновесного случая - простая пропорциональность). Пространственное разрешение такого измерения в этом примере определяется наибольшим из двух размеров - длина пробега в металле и поперечный размер ППН. Кроме того, произведен расчет токового шума в идеализированном образце с двумя ферромагнитными и одним нормальным контактом. Обнаружен, видимо, впервые, эффект изменения токового шума вдвое в зависимости от соотношения длин спиновой релаксации и длины образца.

РНФ 16-42-01050

Руководитель - к.ф.-м.н. В.С. Храпай

6. В высокоподвижной двумерной электронной системе обнаружена конденсация циклотронных магнитоэкситонов - коллективных возбуждений с бозе-статистикой - в единое квантовое состояние. Конденсат из долгоживущих триплетных магнитоэкситонов демонстрирует резкое уменьшение вязкости и усиление отклика на внешнее электромагнитное поле - суперпоглощение. Одновременно в

окружающем электронном ферми-море формируется когерентное сверхизлучающее состояние. Все эти эффекты могут быть объяснены формированием когерентной конденсатной фазы в неравновесной системе двумерных фермионов с полностью квантованным энергетическим спектром. Здесь конденсация происходит в пространстве векторов магнитных трансляций, что открывает совершенно новое поле для будущих исследований.

РНФ 16-12-10075

Руководитель – академик В.Б.Тимофеев

7. Показана прямая связь между сложностью полного перебора ключей, который является одним из основных критериев секретности в классических системах, и следовым расстоянием, используемым в квантовой криптографии. Приведены границы на минимальное и максимальное число шагов перебора, за которые определяется истинный ключ.

РНФ №16-12-00015

Руководитель - д.ф.-м.н. С.Н.Молотков

8. Разработана лабораторная технология получения новых оксидных волокон (композитные волокна, состоящие из муллита и ZrO_2 , сложные оксиды $Al_2O_3 - Y_3Al_5O_{12} - CaAl_{12}O_{19}$, монокристаллические YAP и эвтектические YAG-YAP, композитные волокна, содержащие силикаты иттрия и иттербия). Исследована прочность и трещиностойкость содержащих указанные волокна композитов.

РНФ 16-19-10624

Руководитель -д.т.н. С.Т. Милейко

III. Результаты, полученные при выполнении грантов РФФИ

1. Представлены результаты оптимизации технологии изготовления мембранно-электродных блоков твердооксидных топливных элементов методом совместного спекания электродов при повышенных температурах, близких к оптимальным для спекания анодного электрода. Полученные МЭБ демонстрируют стабильные высокие электрохимические характеристики. Плотность снимаемой с элемента мощности при рабочей температуре 850 оС и рабочем напряжении 0.8 В составляет 280 мВт/см².

Грант РФФИ 13-03-12408

Руководитель – д.ф.-м.н. С.И.Бредихин

2. Разработан экспериментальный метод, с помощью которого в двумерной электронной системе в режиме целочисленного квантового эффекта Холла при факторе заполнения 2 (состояние холловского изолятора) можно возбуждать магнитоэкситоны, их детектировать, а также управлять ансамблем долгоживущих триплетных экситонов и изучать их безызлучательный распад, связанный с релаксацией экситонного спина в основное состояние. Само существование триплетных экситонов непосредственно устанавливалось по спектрам неупругого рассеяния света, и на основе анализа этих спектров определялась величина синглет-триплетного экситонного расщепления. Установлено, что времена жизни триплетных экситонов, которые обусловлены релаксацией электронного спина в высокосовершенных GaAs/AlGaAs гетероструктурах с большой подвижностью электронов чрезвычайно велики и превышают 100 мксек при температурах менее 1К. При достаточно больших плотностях триплетных магнитоэкситонов и низких температурах происходит конденсация триплетных магнитоэкситонов в качественно новое коллективное состояние в пространстве обобщенных импульсов. Возникновение конденсированной фазы сопровождается переносом электронного спина на макроскопически большие расстояния, а также эффектами порогового

усиления отклика системы на внешнее воздействие электромагнитного поля и рождения нового канала интенсивной излучательной рекомбинации.

Грант РФФИ 14-02-00011

Руководитель – д.ф.-м.н. Л.В.Кулик

3. Обнаружена тонкая структура линии циклотронного резонанса, которая наблюдается в структурах с двумерной электронной системой с высокой подвижностью электронов и с большим (по сравнению с длиной волны СВЧ-излучения) размером. Показано, что в таких структурах когерентный излучательный вклад в ширину линий магнитоплазменных резонансов доминирует над некогерентным столкновительным.

Грант РФФИ 14-02-00012

Руководитель – д.ф.м.н., член-корр. РАН И.В. Кукушкин

4. Установлены условия, необходимые для генерации неклассического света в микрорезонаторе . Показано, что наблюдаемые осцилляции функции корреляции интенсивностей излучения микрорезонатора плохо согласуются с моделью осцилляций Раби. Получена зависимость видности автокорреляционной функции интенсивностей от добротности микрорезонатора и от числа продольных мод возбуждающего полупроводникового лазера.

Проведено изучение гигантских флуктуаций интенсивности в режиме квантового эффекта Холла вблизи фактора заполнения 2 для образца с узкой квантовой ямой (150Å). Обнаружено, что макроскопическая однородность двумерной электронной системы не наблюдается ни при каких условиях, в то время как локальные гигантские флуктуации в различных точках образца имеют место (для каждой точки в своём магнитном поле).

Проведено подробное сравнение двухтензорной модели генерации когерентных фононов с экспериментом для полуметаллов Bi и Sb,

полупроводника Ge , и топологического изолятора Bi_2Te_3 . Установлено, что возникновение когерентности движения решётки в непрозрачных кристаллах может быть объяснено рамановским механизмом возбуждения.

РФФИ 14-02-00105

Руководитель - к.ф.-м.н. М.В. Лебедев

5. Для изготовления образцов состоящих из двух близкорасположенных параллельных нанопроволок InAs группой был разработан и сконструирован двухзондовый АСМ, который может быть использован как для манипулирования отдельными нанопроволоками, так и для измерения их проводимости. Разработана динамическая полноконтактная мода атомно-силового микроскопа на основе кварцевого резонатора. Более подробно данная мода описана ниже в разделе "методы и подходы". С использованием данной моды были проведены измерения адгезионных сил пучка InAs нанопроводов.

Грант РФФИ 14-02-00192

Руководитель - к.ф.-м.н. А.А. Жуков

6. Установлено теоретически, что сверхпроводимость полностью разрушается из-за влияния эффектов близости в замкнутых на джозефсоновский контакт кольцах мезоскопического или наноскопического размера, если радиус кольца меньше минимального радиуса R_{\min} . Найдена зависимость минимального радиуса от разности фаз через контакт, или от магнитного потока через кольцо, когда он контролирует разность фаз. Изучены свойства сверхпроводящих колец с радиусами вблизи минимального значения.

Грант РФФИ 14-02-00206

Руководитель - к. ф.-м. н. Ю.С. Бараш

7. Исследованы температурные, частотные и магнетополевые зависимости комплексной высокочастотной проводимости

$\sigma(\omega, T) = \sigma_1(\omega, T) - i [(\omega L_k(\omega, T))]^{-1}$, гетероструктур LSCO/LCO (Рис.1) в магнитном поле H параллельном и перпендикулярном к двумерному сверхпроводящему слою. Эти гетероструктуры являются двумерными сверхпроводниками с толщиной сверхпроводящего слоя 0,2 – 0,6 нм, и с температурой сверхпроводящего перехода $T_c=31K$. Показано, что: (i) температурная зависимость действительной части проводимости, $\omega Re\sigma(T)$, имеет на 5K более низкую температуру сверхпроводящего перехода (T_c) чем мнимая часть, $L^{-1}_k(T)$; (ii) это аномальное смещение T_c существенно растет с увеличением частоты от 30 кгц до 51 мгц; (iii) впервые было показано, что высокотемпературная сверхпроводимость в интерфейсном слое существует до магнитных полей выше 56 T.

Грант РФФИ № 14-02-00462

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

8. Методом оптического детектирования проведены исследования спектра резонансного микроволнового поглощения диска двумерных электронов. Изучена ширина циклотронного магнитоплазменного резонанса в зависимости от электронной концентрации и размера двумерной электронной системы. Измерены вклады когерентного радиационного и некогерентного столкновительного механизмов в релаксацию магнитоплазменных возбуждений. Установлено, что в образцах высокого качества взаимодействие между когерентным и некогерентным механизмами релаксации двумерной плазмы приводят к появлению тонкой структуры линии циклотронного резонанса.

Грант РФФИ 14-02-00774

Руководитель - д.ф.-м.н. С.И. Губарев

9. Работа в рамках проекта была посвящена синтезу и определению характеристик графена, полученного в сверхвысоком вакууме 1×10^{-10} Торр на поверхности (001) кубического-SiC и состоящего из одного, а также из нескольких слоев. Проведены и обобщены исследования

атомной и электронной структуры графеновых покрытий на SiC(001). Впервые разработан способ синтеза наноструктурированного графена с упорядоченными периодическими границами между нанодоменами, ответственными за открытие транспортной щели (1.3 эВ при 10К). Локализованные магнитные состояния в нанодоменах являются причиной обнаруженного беспрецедентного положительного (магнитное поле расположено в плоскости графена) магнетосопротивления (5%) с сильной температурной зависимостью. Полученные данные показывают, что на кубическом SiC можно получать новые перестраиваемые наноструктуры графена с особыми электронными и магнитными свойствами, что открывает перспективы для разработки и создания нового класса электронных приборов.

Грант РФФИ 14-02-00949

Руководитель - д.ф.-м.н. В.Ю.Аристов

10. Проведено теоретическое исследование когерентного транспорта в джозефсоновских структурах на основе полупроводниковых тонких пленок с сильным спин-орбитальным взаимодействием и сверхпроводников во внешнем перпендикулярном магнитном поле. Изучены магнитополевые зависимости ток-фазовых соотношений в структурах; обнаружены особенности в ток-фазовых соотношениях в сильном магнитном поле для джозефсоновских структур с прозрачными контактами сверхпроводник/ полупроводниковая пленка. Проведены экспериментальные исследования электронного транспорта в тонких пленках топологических изоляторов $(\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x)_2\text{Te}_3$. Изучены температурные и магнитополевые зависимости проводимости тонких пленок в области низких температур. Обнаружено и исследовано явление слабой антилокализации и определены длины фазовой когерентности в пленках при низких температурах.

Грант РФФИ 14-02-01041

Руководитель - к.ф.м.н. И.Е. Батов

11. Реализовано дискретное изменение спектрального положения фотонной зоны холестерического фотонного кристалла, содержащего фоточувствительную хиральную добавку. Освещение различными длинами волн позволяет обратимым образом дискретно увеличивать и уменьшать длину волны селективного отражения. Измерения проведены на высококачественных образцах жидкокристаллических фотонных кристаллов в оптических ячейках с различными типами граничных условий. Определена температурная зависимость оптической анизотропии и ориентационного параметра порядка жидкого кристалла. Результаты сопоставлены с существующими теориями.

РФФИ 14-02-01130

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

12. Для кристаллов органического сверхпроводника β -(BEDT-TTF)₂I₃ были получены дифракционные данные при высоких давлениях и низких температурах. Установлено, что при давлениях ниже 2 кбар и ниже 128К наблюдается заторможенный структурный переход, сопровождающийся изменением волнового вектора несоизмеримой модуляции и влияющий на сверхпроводящий переход ниже 8К. С целью выяснения деталей этого структурного перехода были проведены дифракционные исследования высокого разрешения в области температур 100 – 125К. Были определены характерные времена релаксации и равновесные значения параметров структуры при различных температурах в названном диапазоне.

Грант РФФИ 14-02-01150

Руководитель - к.ф.м.н. Хасанов С.С.

13. Установлено, что спиновая подсистема Mn^{2+} в полумагнитных II-VI полупроводниках даже при относительно низких концентрациях магнитных ионов (~1%) не может рассматриваться как однородная при описании динамики спин-решеточной релаксации, поскольку этот процесс сопровождается передачей энергии от одиночных магнитных

ионов посредством спиновой диффузии к быстро релаксирующим центрам. Построена феноменологическая компьютерная модель, позволяющая полуколичественно описать релаксацию намагниченности в полумагнитных II-VI полупроводниковых гетероструктурах при различных концентрациях магнитных примесей. Впервые выполнены прямые измерения пикосекундной кинетики нагрева фотовозбужденными носителями спиновой подсистемы ионов Mn в полумагнитных полупроводниковых гетероструктурах второго типа на основе (Zn,Mn)Se/(Be,Mn)Te в различных магнитных полях.

Грант РФФИ 14-02-01155

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

14. Амминоборан NH_3BH_3 предложен в качестве наиболее удобного внутреннего источника водорода для ячеек высокого давления, предназначенных для синтеза гидридов в значительных объемах (порядка нескольких кубических миллиметров и более) при давлениях в диапазоне нескольких ГПа и температурах до 1000 °С. Показано, что при нагреве до 300 °С в диапазоне давлений 0.6–9 ГПа амминоборан необратимо разлагается на молекулярный водород и химически инертный нитрид бора BN и не поглощает выделившийся водород при дальнейшем варьировании температуры и давления. При температуре 600 °С и давлениях до 9 ГПа парциальное давление примесей в молекулярном водороде, полученном из амминоборана, значительно ниже погрешности ± 0.3 ГПа измерения общего давления.

Грант РФФИ 14-02-01200

Руководитель - д.ф.-м.н. В.Е. Антонов

15. С помощью сканирующей туннельной микроскопии изучена атомная структура легированных кристаллов селенида висмута с различной концентрацией атомов индия. Установлено, что различные типы дефектов кристаллической решетки соединений $\text{Bi}_{2-x}\text{In}_x\text{Se}_3$ (атомы индия в подрешетке висмута, междуузельные атомы и подвижные атомы индия

между слоями атомов селена соседних пятислойных структур) визуализируются при различных значениях туннельного напряжения и расстояниях «зонд-поверхность».

Грант РФФИ 14-02-01234

Руководитель - к.ф.-м.н. А.Н.Чайка

16. Реализован и исследован биполярный эффект резистивных переключений в мезоскопических планарных структурах на основе сверхпроводящих эпитаксиальных пленок $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_{4-y}$ (NCCO). Установлено, что ключевым фактором для переключений является наличие эпитаксиально проросшей на поверхности NCCO второй дефицитной по кислороду фазы $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{O}_{1.75}$ (NCO). Методом численного моделирования показано, что распределение электрического поля вблизи электродов создает области с повышенной напряженностью поля, в которых происходит движение и перераспределение дефектов в пленке NCO и изменение резистивных свойств всей структуры.

Грант РФФИ 14-07-00951

Руководитель - к.ф.-м.н. Н.А.Тулина

17. Установлено, что в сплавах Cu – Co и Cu – Ni, обладающих положительной энтальпией смешения, твердый раствор распадается, а в сплаве Cu – In, обладающего отрицательной энтальпией смешения, нет. В образцах сплавов Cu – Co, Cu – In и Cu – Ni уже после 1,5 оборотов в процессе КВД система приходит к состоянию, близкому к термодинамическому, в отличие от исходного материала. КВД приводит к сильному измельчению зерен сплавов Cu – Co, Cu – In и Cu – Ni. Получена зависимость параметра решетки от скорости вращения наковален Бриджмена и давления. С помощью рентгеноструктурного анализа и просвечивающей электронной микроскопии был определен фазовый состав сплавов. С помощью дифференциальной сканирующей калориметрии были измерены тепловые эффекты при нагреве и

охлаждении сплавов Cu – Co, Cu – In и Cu – Ni после КВД. Определены эффективные температуры сплавов Cu – Co, Cu – In и Cu – Ni. На фазовых диаграммах сплавов Cu – Co, Cu – In и Cu – Ni построены коноды фазового перехода смачивания.

Грант РФФИ 14-08-00972

Руководитель - к.ф.м.н. О.А. Когтенкова

18. Установлена возможность применения метода внутренней кристаллизации, получения для получения силицид-молибденовых композитов волоконной структуры с удовлетворительным балансом прочности (длительной прочности - крипостойкости) и трещиностойкости. Показано также, что скорость окисления молибдена-матрицы в таких композитах на порядки меньше скорости окисления чистого молибдена. Это означает, что создан научный задел для разработки высокотемпературных конструкционных материалов с должным балансом основных характеристик: прочность (крипостойкость) – трещиностойкость – сопротивление окислению. Композиты такого типа могут работать, после разработки защитных покрытий, до температур ~1400°C.

Грант РФФИ 14-08-01254

Руководитель – д.т.н. С.Т. Милейко

19. С помощью методики новой методики, объединяющей методику спектроскопии комбинационного рассеяния света, импедансную спектроскопию и методику изучения электрохимических характеристик ТОТЭ, в сочетании с принципиально новой геометрией образцов ТОТЭ, изготавливаемых на основе оптически прозрачных монокристаллических мембран твердого электролита, исследована кинетика окислительно-восстановительных реакций и механизмов переноса заряда, протекающих в электродах твердооксидных топливных элементов под действием высоких плотностей тока.

Грант РФФИ 14-29-04031

Руководитель – д.ф.-м.н. В.В.Кведер

20. Исследованы пределы термодинамической стабильности, кристаллическая структура, электропроводность, термическое расширение и электрохимические свойства смешанных проводников $\text{PrBaFe}_{2-x}\text{Ni}_x\text{O}_{5+\delta}$, ($x= 0-1.4$), $\text{Pr}_4\text{Ni}_2\text{FeO}_{10\pm\delta}$ и $\text{Ln}_2\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x\text{O}_{4+\delta}$ ($\text{Ln}= \text{La}, \text{Pr}; x= 0.2-1.0$). Проведено тестирование модельных электрохимических ячеек с пористыми электродами, изготовленными из новых материалов, и твердыми электролитами на основе стабилизированного диоксида циркония, легированного галлата лантана и силиката лантана. Проанализированы основные факторы, определяющие электрохимическую активность катодов со смешанной ионно-электронной проводимостью.

Грант РФФИ 14-29-04042

Руководитель – Е.В.Ципис

21. Сущность проекта - найти научно обоснованный способ стабилизации микроструктуры в тонких плёнках. Для достижения поставленной цели в рамках направления изучения роста зёрен в плёнках на основании понимания процесса миграции индивидуальных границ зерен, тройных стыков и влияния на процесс вакансий решалась экспериментальная задача определения кинетики роста зерен и эволюции топографии поверхности тонких плёнок. Новизна полученных результатов заключается в том, что мы экспериментально показали: 1. Кинетика роста зерен в пленках серебра определяется степенью неоднородности их микроструктуры. 2. Впервые обнаружен инкубационный период роста зерен, в течение которого скорость роста мала. Согласно выдвинутой 15 лет назад теории, инкубационный период процесса роста зёрен вызван торможением вакансиями. 3. Величина инкубационного периода зависит от температуры отжига: чем выше температура отжига, тем меньше инкубационный период. 4. Величина инкубационного периода зависит от

начального размера зерна. Чем меньше размер зерна, тем длиннее инкубационный период 5. Экспериментальное исследование кинетики микроструктурных изменений в плёнках серебра при изотермическом отжиге позволили установить связь между процессами роста зёрен и роста дырок. Экспериментально обнаружено совпадение длительностей инкубационных периодов, предшествующих росту зёрен и дырок, что даёт основание предположить, что торможение роста зёрен сдерживает и рост дырок. 6. При температуре ниже 0.5 T плавления микроструктура плёнок серебра стабильна, а при 0.63 T плавления и выше период стабильности не превышает 30 мин. 7. экспериментально определена важная термодинамическая величина -

свободный объём границы зерна в нанокристаллических плёнках серебра. Научная значимость проекта в том, что из наших экспериментальных результатов получено значение важной термодинамической величины – абсолютного значения свободного объёма границы. Практическая значимость проекта заключается в том, что получены численные значения времён стабильности тонких поликристаллических плёнок серебра.

Грант РФФИ №14-42-03556) p_центр_a

Руководитель – к.ф.-м.н. В.Г.Сурсаева

22. Показано, что полосы сдвига при деформации аморфных сплавов могут объединяться в зоны, а также заканчиваться внутри образца. Образование нанокристаллов происходит непосредственно в полосах сдвига, а также в зонах, примыкающих к ним. Размер зон может составлять сотни микрон.

- Для коэффициента диффузии, определяющего кинетику образования нанокристаллов алюминия при нагреве аморфных сплавов систем Al-Ni-Y и Al Ni-Gd, определены значения энергии активации и предэкспоненциального фактора.

- Определена микротвердость сплавов Al Ni-Gd, Al-Ni-Y, Al-Ni-Yb до и после нанокристаллизации, обусловленной деформацией и термообработкой и показано, что она повышается по мере роста объемной доли нанокристаллической фазы.

РФФИ 14-42- 03566

Руководитель: д.ф.-м.н. А.С.Аронин

23. Проведены эксперименты по когерентному контролю двухфонновых (сжатых и запутанных) состояний ZnTe и однофонновых (когерентных) состояний висмута при гелиевых температурах. Показано, что в первом случае (сжатые состояния) когерентный контроль позволяет манипулировать амплитудой и временем жизни решеточных возбуждений, тогда как во втором случае (когерентные состояния) второй фемтосекундный импульс лазера меняет только амплитуду решеточных смещений, оставляя время жизни фонона неизменным. Проведено сравнение когерентных фононов в полуметаллах Bi, и Sb, и полупроводнике Te, исследуемых методом накачка-зондирование фемтосекундными лазерными импульсами, с тепловыми фононами, регистрируемыми в частотном диапазоне методом спонтанного комбинационного рассеяния света. Исследована зависимость амплитуды когерентных фононов в полуметаллах, полупроводниках и топологических изоляторах от длительности возбуждающего импульса проанализирована применимость двухтензорной модели генерации когерентных фононов в непрозрачных материалах.

Грант РФФИ 14-42-03576 p_центр_a

Руководитель - д.ф.-м.н. О.В.Мисочко

24. В ходе выполнения проекта в 2016 году проведены исследования фазового перехода смачивания в сплавах W –Ni. Исследована структура границ зерен в сплавах в зависимости от состава сплава и температуры отжига. В результате исследования выявлено три типа границ зерен: (1)

границы, не содержащие второй фазы (явление неполного смачивания);
(2) границы, смоченные объемной фазой Ni (полное смачивание – толстая прослойка фазы и псевдонеполное смачивание – тонкая прослойка фазы);
(3) границы, содержащие тонкую прослойку зернограничной фазы Ni. На основе полученных данных, на объемной фазовой диаграмме W –Ni построена линия зернограничного фазового перехода смачивания.

Грант РФФИ 14-42-03621

Руководитель - к.т.н. А.А. Мазилкин

25. Исследовано влияние электромагнитных полей широкого частотного диапазона на жидкие и твердые композиции из органических, биоорганических и неорганических веществ. Обнаружено усиленное воздействие низкочастотных электрических полей на морфологию водных суспензий и эмульсий, обусловленное аномально большой диэлектрической проницаемостью воды. Установлена важная роль пьезоэлектрических свойств капилляров биосистем в транспортировке питательных веществ. Обнаружена генерация электрических полей растениями при световых и ветровых воздействиях и предложены схемы электрогенераторов на живых растениях. Предложены бесконтактные методики коррекции физиологических функций организмов резонансными электрическими полями.

Грант РФФИ 14-42-03642 р_центр_a

Руководитель - к.ф.-м.н. Н.В.Классен

26. Установлено, что:

Исследовался полупроводниковый микрорезонатор на основе GaAs/AlAs наноструктуры, выращенный методом молекулярно-лучевой эпитаксии на GaAs подложке. Изучалась временная динамика сигнала фотолюминесценции, соответствующего излучению экситон-поляритонного конденсата, создаваемого с различным угловым моментом импульсного резонансного лазерного фотовозбуждения.

Исследования проводились при гелиевых температурах при разной плотности оптического фотовозбуждения с пикосекундным временным разрешением. Было обнаружено, что:

- имеет место пространственное разделение компонент конденсата с различными линейными и циркулярными поляризациями за счет наличия различного углового момента у таких компонент;
- при увеличении мощности импульсного фотовозбуждения степень циркулярной поляризации сигнала фотолюминесценции, соответствующего излучению экситон-поляритонного конденсата, в срезе пятна уменьшается почти в 2 раза.

Продемонстрирована возможность создания суперпозиции вихревых состояний экситон-фотонных коллективных состояний в зависимости от свойств основного состояния экситон-поляритонной моды (TE/TM-расщепление).

Проведено теоретическое моделирование временного и пространственного поведения экситон-поляритонного конденсата, возбуждаемого с различным угловым моментом внешнего фотовозбуждения. В результате численного моделирования:

- была установлена качественная зависимость управляющих параметров (интенсивности и орбитального углового момента когерентной внешней накачки), достаточных для осуществления неравновесных переходов в мультстабильной экситон-фотонной системе;
- показано, что поляризационные свойства коллективных поляритонных состояний очень чувствительны к эффектам TE/TM-расщепления оптических мод микрорезонатора и анизотропии структуры активного слоя, а также зависят от плотности возбуждения внешнего поля накачки.

Результаты теоретического моделирования качественно хорошо согласуются с экспериментальными результатами.

Грант РФФИ 14-42- 03678 р_центр_a

Руководитель: к.ф.-м.н. А.В.Ларионов

27. Исследованы процессы нанокристаллизации в однородной и неоднородной аморфной фазе металлических стекол на основе алюминия, содержащих разные редкоземельные металлы. Показано, что параметры нанокристаллической структуры, формирующейся в аморфной фазе, зависят как от химического состава, (типа редкоземельного компонента), так и от того, в однородной аморфной фазе или наностекле происходит зарождение и рост нанокристаллов. Установлено, что во всех исследованных случаях нанокристаллизация протекает по гетерогенному механизму. Показано, что при кристаллизации гетерогенной аморфной фазы размер однокомпонентных нанокристаллов зависит от химического состава сплава, а степень совершенства (наличие протяженных дефектов) – нет.

Грант РФФИ 14-43- 03564 р_центр_a

Руководитель: д.ф.-м.н. Г.Е.Абросимова

28. Установлено, в результате 3-х летней работы, что (1) Имеется принципиальная возможность защиты композитов с оксидной матрицей и молибденовым армированием от окисления; (2) Существует (и это доказано экспериментально) возможность получения высокопрочных при температурах до, по крайней мере, 1300°C композитов оксидная матрица – молибденовое волокно; (3) Рассматриваемые композиты характеризуются высокой трещиностойкостью; (4) Имеет место слабая зависимость прочности от выдержки композитных образцов на спокойном воздухе при температурах до 1250°C; (5) Целесообразно включение в состав оксидной матрицы сильно анизотропных оксидов, в частности – гексаалюмината кальция; (6) Возможно создание высокопрочных и трещиностойких композитов с иерархической структурой, в основе которой – оксидная матрица двух типов.

Грант РФФИ-14-48-03587

Руководитель – д.т.н. С.Т.Милейко

29. Основная цель работы: установить закономерности формирования тонких однородных зернограничных прослоек между зернами ферромагнитной фазы $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ в многокомпонентных и многофазных сплавах на основе системы Nd-Fe-B с помощью кручения под высоким давлением и эволюции микроструктуры при последующей термической обработке. С помощью вакуумной индукционной плавки изготовлены сплавы на основе системы Nd-Fe-B с разной концентрацией компонентов в окрестности существования фазы $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$. Приобретены промышленные сплавы на основе системы Nd-Fe-B разного состава. Эти сплавы были обработаны с помощью кручения при высоком давлении (КВД) при разных степенях и скоростях деформации, а также при различных давлениях и температурах деформации. Были также проведены высокотемпературные отжиги этих сплавов после. Были проведены измерения магнитных свойств исходных образцов, образцов после КВД и после дополнительных отжигов. Были определены кристаллографические параметры входящих в них фаз (с помощью рентгеновской дифрактометрии). Была изучена их микроструктура с помощью сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, в том числе высокого разрешения. Была определена корреляция между наличием, а также толщиной и составом тонких зернограничных прослоек с магнитными свойствами сплавов и параметрами их термомеханической обработки.

Магнитожесткий восьмикомпонентный сплав на основе NdFeB , полученный жидкофазным спеканием, был подвергнут интенсивной пластической деформации (ИПД) с помощью КВД при 5 ГПа, 1 мин, 5 об. при комнатной температуре. Была обнаружена аморфизация кристаллического сплава под действием КВД. КВД впервые позволило получить смесь двух аморфных фаз различного состава со «встроенными» зернами ферромагнитной фазы $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$. Показано, что во время интенсивной пластической деформации (ИПД) после некоторого значения деформации (т.е. количества проходов во время равноканального

углового прессования или числа оборотов во время кручения под высоким давлением) обычно наступает стационарное состояние. Структура и свойства материала в стационарном состоянии (в том числе состав фаз) не зависят от исходного состояния до ИПД. Другими словами, они являются эквивинальными, и производство дефектов решетки находится в динамическом равновесии с аннигиляцией дефектов. ИПД-обработка при температуре окружающей среды $T_{SPD} = 300$ К часто бывает эквивалентна термообработке при некоторой повышенной (эффективной) температуре $T_{eff} > 300$ К. Состав фаз в изученном сплаве на основе NdFeV после КВД соответствует состоянию при $T_{eff} \sim 1170^\circ\text{C}$.

Была обнаружена аморфизация под действием КВД трехкомпонентного сплава Fe–12.3 ат.% Nd–7.6 ат. % V (получен плавкой в вакууме). В отличие от восьмикомпонентного спечённого сплава, после КВД наблюдалась одна, а не две аморфные фазы различного состава со «встроенными» зёрнами ферромагнитной фазы $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{V}$. В этом сплаве во время ИПД тоже наступает стационарное (эквивинальное) состояние. Состав фаз в изученном сплаве после КВД соответствует состоянию при $T_{eff} \sim 1140^\circ\text{C}$. В этом состоянии на фазовой диаграмме при в равновесии существует одна жидкая фаза, а не две, как наблюдалось при $T_{eff} \sim 1170^\circ\text{C}$ в восьмикомпонентном спечённом сплаве. КВД увеличивает величину коэрцитивной силы плавленного сплава.

Закономерности изменения T_{eff} были изучены на модельных сплавах меди. На модельной системе олово-свинец проведено сравнение энергии равновесных границ зёрен и неравновесных ГЗ, образующихся в процессе пластической деформации с помощью смачивания ГЗ в олове и свинце расплавом и второй твердой фазой. Впервые экспериментально наблюдалась в прямом опыте разница энергий между равновесными и неравновесными границами зёрен.

Грант РФФИ-14-48-03598

Руководитель – д.ф.-м.н. Б.Б.Страумал

30. Изучена стабильность димеров фуллерена, полученных методом термобарической обработки C_{60} при высоком давлении и температуре. Измерены спектры комбинационного рассеяния света (КРС) димеров фуллерена и определена кинетика их разрушения при высокой температуре от $120^{\circ}C$ до $180^{\circ}C$. Установлено, что энергия активации реакции температурной диссоциации димеров составляет (1.71 ± 0.06) эВ, а полное разрушение димеров происходит за 15 минут при температуре примерно 175 градусов Цельсия. Кинетика температурного разрушения димеров фуллерена отличается от кинетики разрушения фото-олигомеров фуллерена в донорно-акцепторном комплексе фуллерена $\{Pt(dbdtc)_2\} \cdot C_{60}$.

Изучено поведение молекулярного донорно-акцепторного комплекса фуллерена $\{Cd(dedtc)_2\} \cdot DABCO_2 \cdot C_{60} \cdot DABCO_2$ при высоком давлении методами КРС и рентгеноструктурного анализа (РСА). Определена барическая зависимость фононных частот вблизи $Ag(2)$ моды комплекса и обнаружена особенность в виде плато диапазоне давлений от 1.5 до 2.5 ГПа при прямом и обратном ходе давления. Определена кристаллическая структура и параметры решетки комплекса при давлении до 3 ГПа. Показано, что объем ячейки, наименьшее расстояние между молекулами в слоях фуллерена, а также расстояние между слоями являются гладкими функциями давления. Они хорошо описываются уравнением состояния типа Марнагана, а значения объемного модуля 7.95 ГПа и его производной 9.65 близки к аналогичным параметрам для кристаллов чистого фуллерена. Плато в барической зависимости фононных частот связано, скорее всего, с фотополимеризацией в слоях фуллерена, возникающей при давлении около 2 ГПа.

Грант РФФИ 15-02-01495

Руководитель - д.ф.-м.н. К.П.Мелетов

31. Синтезировано несколько новых органических кристаллов семейства т.н. оксалатов с магнитными (Cr^{III}) и немагнитными (Ga^{III}) анионами. Изучены их структура, транспортные и магнитотранспортные свойства. Кристаллы с магнитным анионом являются сверхпроводниками с $T_c = 4.5$ К, кристаллы с немагнитным анионом проявляют металлические свойства без перехода в сверхпроводящее состояние.

Продолжены исследования магнитосопротивления на кристаллах слоистого молекулярного проводника $\kappa\text{-(BETS)}_2\text{Mn}[\text{N}(\text{CN})_2]_3$. Удалось наблюдать осцилляции Шубникова – де Гааза, а также угловые осцилляции магнитосопротивления. В кристаллах $[\text{Fe}\{\text{HC}(\text{pz})_3\}_2]\text{-(TCNQ)}_3$ обнаружен излом на температурной зависимости продольной компоненты тензора сопротивления при фазовом переходе в спиновой подсистеме.

Грант РФФИ 15-02-02723

Руководитель - д.ф.-м.н. В.Н.Зверев

32. Цель проекта состоит в исследовании влияния спиновой поляризации на низкотемпературный электронный транспорт в однородных и неоднородных системах пониженной размерности для создания экспериментальной базы для понимания роли спиновой поляризации.

В 2016 году проведено активное исследование спиновых эффектов в краевом транспорте на двумерных топологических изоляторах. Наиболее яркий результат получен при использовании гибридных структур, состоящих из двумерного топологического изолятора и ферромагнитных контактов, где возникает возможность инжектирования и детектирования спин-поляризованных токов в краевых каналах топологического изолятора. Продемонстрировано, что в области милликельвиновых температур ориентация спина у электронов сохраняется при перемещении на макроскопические расстояния вдоль края топологического изолятора.

Другим направлением исследований в 2016 году было изучение поля полной спиновой поляризации как функции электронной концентрации в квантовых ямах SiGe/Si/SiGe с рекордно высокой подвижностью. Обнаружено отклонение исследованной зависимости на плоскости (B, n_s) от прямолинейной, согласующееся с расчетами методом квантового Монте Карло.

Грант РФФИ 15-02-03537

Руководитель - д.ф.-м.н. Долгополов В.Т.

33. Установлено удвоение эффективного заряда носителей тока при андреевском отражении (АО) в гибридной структуре нормальный металл — топологический изолятор — сверхпроводник s-типа спаривания. Неожиданно оказалось, что Фано фактор в режиме АО равен 0.22, и значительно уменьшен по сравнению с Фано фактором $1/3$, характерным для диффузионного транспорта, который наблюдался в предыдущих экспериментах по АО в структурах с полупроводником вместо ТИ. Мы полагаем, что этот эффект связан с конечной теплопроводностью ТИ с наведенной сверхпроводимостью за счет ненулевой плотности состояний при низких энергиях.

Грант РФФИ 15-02-04285

Руководитель — к.ф.-м.н. В.С.Храпай

34. Было проведено исследование временного отклика оптимизированного терагерцового плазменного детектора, работающего при комнатной температуре. Измерения времени отклика детектора производились с использованием двух независимых методик: с разрешением по времени и гетеродинной. Обе методики дали согласующийся результаты. В измерениях с разрешением по времени в качестве источника импульсов терагерцового излучения использовался генератор Авеста TERA-AX с длительностью импульса менее 1 пс и энергией в импульсе 100 нДж. Центральная частота терагерцового

излучения в импульсе составляла 1 ТГц при спектральной ширине излучения (1 - 1.5) ТГц. В выходной пучок помещался исследуемый детектор. В качестве второго независимого метода измерения быстродействия разработанного плазмонного детектора был использован гетеродинный подход. Частота гетеродинного источника составляла $f=100$ ГГц, его мощность равнялась 80 мВт. Выходная мощность сигнального генератора равнялась 1 мВт. Его частота изменялась в диапазоне $f + \Delta f = (100 - 130)$ ГГц. Электромагнитное излучение от гетеродинного и сигнального источников подводилось к исследуемому детектору по квазиоптическому тракту.

Прямые измерения с разрешением по времени показали время отклика детектора менее 150 пс. Более простой гетеродинной методикой было получено время отклика 110 пс. Эти результаты доказывают возможность использовать разработанный терагерцовый детектор в качестве узла высокочастотных телекоммуникационных систем нового поколения (до 10 Гбит/с). Последнее обстоятельство сулит большие перспективы для разработанного плазмонного детектора в системах высокоскоростной передачи информации между электронными устройствами, построения беспроводных локальных (Wireless local area network, WLAN) и персональных (Wireless personal area network, WPAN) сетей нового поколения, а также создания абсолютно защищенных каналов беспроводной связи.

На базе полученных экспериментальных данных был изготовлен интерферометр плазменных волн высокой добротности. С его помощью была изучена интерференция плазменных волн в нулевом и конечном магнитных полях. Безусловным преимуществом плазмонного интерферометра перед оптическими аналогами является отсутствие подвижных частей. Процесс интерференции происходит непосредственно в литографически сформированной области двумерной электронной системы, а скорость волны контролируется перестраивается напряжением на затворе или приложением внешнего магнитного поля. Разработан и

апробирован "спектрометр-на-чипе" электромагнитного излучения на базе плазмонных интерферометров.

Грант РФФИ 15-02-05521

Руководитель - к.ф.-м.н. В.М.Муравьев

35. Обнаружено образование двумерной гексагональной структуры, образованной трансляционно и ориентационно упорядоченными точечными топологическими дефектами с топологическим зарядом $S=+1$ и пересекающимися стенками. Структура получена в смектических свободно подвешенных плёнках вещества, образующего антисегнетоэлектрическую фазу. Образование структуры из точечных топологических дефектов было предсказано теоретически, но ранее экспериментально не наблюдалось. Описан способ получения структуры, включающий использование процессов самоорганизации.

РФФИ 15-02-05706

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

36. Установлено, что:

- в окрестности нечетных факторов заполнения $\nu = 3$ и $\nu = 1$ экспериментально наблюдаются локальные максимумы в зависимости времени спиновой дефазировки двумерных электронов от фактора заполнения;
- обнаруженная немонотонная зависимость времени дефазировки электронных спинов от фактора заполнения может быть объяснена в терминах возникновения нового канала спиновой релаксации. Данное явление наблюдается в окрестности энергетического резонанса спинового экситона и возбуждений спин-текстурной жидкости, поэтому можно считать, что в механизме дефазировки спинового голдстоуновского экситона вблизи целочисленных факторов заполнения важную роль играют спиновые возбуждения спин-текстурных жидкостей.

Для реализации пространственной локализацией двумерных электронов в плоскости квантовой ямы на данном этапе проекта методами электронной литографии на поверхности наноструктур были созданы мозаичные металлические затворы. Приложение внешнего электрического смещения к таким затворам приводит к возникновению латеральной потенциальной ямы для электронов с диаметром несколько сотен нанометров и глубиной потенциала порядка нескольких мэВ.

Грант РФФИ 15-02-06388

Руководитель – д.ф.-м.н. А.В.Ларионов

37. Работа посвящена изучению эффектов переноса спина и спинового момента в гибридных структурах сверхпроводник-ферромагнетик и выяснению принципиальной возможности использования спин-поляризованного тока для управления свойствами сверхпроводника. В 2016 году мы продолжили изучение магнитных свойств тонких пленок $\text{Pd}_{99}\text{Fe}_{01}$, слабого ферромагнетика, материала с сильной спин-орбитальной связью, перспективного для применений в криоэлектронике. Мы подтвердили кластерную природу магнетизма, определили магнитные характеристики: намагниченность насыщения, константу кристаллографической анизотропии, константу вязкого затухания, характерные времена системы и показали, что толщина 30 нм является критической толщиной, ниже которой магнитные свойства принципиально изменяются. Установили, что характерные времена переключения структур $\text{Pd}_{99}\text{Fe}_{01}/\text{Nb}$ могут быть порядка наносекунды. Получили первые экспериментальные результаты, связанные с влиянием близости магнитного диэлектрика на свойства сверхпроводника. Показали, что подавление температуры перехода в сверхпроводящее состояние зависит от величины и направления тока и обнаружили нарушение симметрии эффектов при пропускании тока в структурах ИЖГ/Al при направлении тока перпендикулярно

намагниченности магнитного диэлектрика и ее отсутствие при продольной ориентации.

Грант РФФИ № 15-02-06743

Руководитель - д.ф.-м.н. Л.С.Успенская

38. Установлено, что исследуемая голдстоуновская спиновая мода в начальный момент представляет собой так называемое частично поляризованное по спину состояние. Развита как макроскопический, так и микроскопический подход в решении релаксационной задачи. Произведен сравнительный расчет интенсивностей оптического поглощения спин-циклотронными магнетоэкситонами в некогерентной и когерентной фазах квантовохолловской системы при заполнении $\nu=2$. В расчете полной интенсивности поглощения определяющую роль играет распределение пространственных флуктуаций плавного случайного потенциала. Впервые методом резонансного неупругого рассеяния света изучались коллективные возбуждения в двумерном электронном газе в структурах на основе $Mg_xZn_{1-x}O/ZnO$ в нулевом магнитном поле.

Грант: РФФИ 15-02-06992

Руководитель к.ф.-м.н. С.М. Дикман

39. Резкое уменьшение времени затухания свечения ионов Eu^{3+} в красной области с ростом диаметра наносфер Lu_2O_3-Eu (диаметр 100-300 нм) при ~ 250 нм связывается с появлением фотонной моды, приводящей к ускорению спонтанной люминесценции, что подтверждается расчетом диапазонов существования мод шепчущей галереи в исследуемых наносферах (эффект Парселла).

Обнаружено, что заполнение нанопор в исходно пористых наносферах Y_2O_3 приводит к сокращению времени спонтанной люминесценции легирующих ионов европия. Изменение времени затухания свечения объяснено изменением эффективного показателя преломления пористых наносфер.

В наносферах Y_2O_3-Er диаметрами $d = 75,175$ и 270 нм обнаружено существенное укорочение времени свечения основного оптического перехода (1535 нм) при $d = 270$ нм, аналогично укорочению времени свечения наиболее сильного в видимом диапазоне внутрицентрального перехода $Er^{3+}(563$ нм). Если ускорение перехода Er^{3+} на 563 нм объясняется появлением ("вхождением") новой фотонной моды шепчущей галереи при $d > 230$ нм, то наблюдаемое изменение для основного перехода на 1535 нм представляется непонятным, поскольку в ИК-области выше 1020 нм отсутствуют фотонные моды, согласно расчетам.

Грант: РФФИ 15-02-07638

Руководитель к.ф.-м.н. С.В. Зайцев

40. Методом термобарической закалки под давлением при температуре $250^\circ C$ и давлениях до 75 кбар была проведено насыщение водородом аморфного силиката $Mg_{0.6}SiO_{2.6}$, имеющем важное значение для геологии и геофизики Земли. Количество растворившегося водорода определялось методом термодесорбции. Было показано, что мольное соотношение $H_2/f.u.$ нелинейно возрастает с давлением от $X = 0,12$ при $P = 10$ кбар до $X = 0,303$ при $P = 75$ кбар. Исследование закаленных образцов методом комбинационного рассеяния света, выполненное при нормальном давлении и температуре 85 К, показало, что водород растворяется в аморфном силикате $Mg_{0.6}SiO_{2.6}$ в виде молекул H_2 . Методами рентгеновской дифракции и комбинационного рассеяния света также было установлено, что растворение водорода сопровождается фазовым переходом в аморфном силикате $Mg_{0.6}SiO_{2.6}$ при $P \approx 52,5$ кбар в более плотную фазу.

Грант РФФИ № 15-02-08508

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

41. Синтезированы поликристаллы SiC, содержащие локальные планарные области с высокой интенсивностью люминесценции в различных диапазонах видимого спектра излучения. Установлено, что области с аномально высоким квантовым выходом излучения при комнатной температуре в зеленой области (520нм) представляют собой гетероструктуру 4H-SiC /3C-SiC/4H-SiC с толщиной кубической области около 2нм, т.е. «чисто структурную» квантовую яму. Предположительный механизм наблюдаемой эффективной излучательной рекомбинации заключается в непрямом экситонном переходе в гетероструктуре 4H-SiC / 3C-SiC/4H-SiC. Проведены детальные исследования интенсивно люминесцирующих в красной и ближней ИК-областях 3C-SiC покрытий. Обнаружена корреляция интенсивности люминесценции с общей площадью поверхности кристаллитов и структурой их поверхности. Установлено, что данные центры излучения связаны с поверхностными дефектами, идентичными тем, что возникают при формировании пористого SiC.

РФФИ 15-02-08925

Руководитель – к.ф.-м.н. А.Н.Терещенко

42. В 2016 г. были закончены высокотемпературные отжиги сплавов на основе системы Nd–Fe–В и промышленных сплавов на основе системы Nd–Fe–В разного состава при температурах сосуществования твердой и жидкой фаз (от 650 до 1200°C). Были также закончены измерения магнитных свойств исходных и отожженных образцов. Были определены кристаллографические параметры входящих в них фаз (с помощью рентгеновской дифрактометрии). Было закончено определение доли границ зерен с полным, неполным и псевдонеполным смачиванием границ зерен расплавом с помощью сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии. Была частично определена корреляция между наличием, а также толщиной и составом тонких зернограницных прослоек с величиной контактного угла в тройных стыках и кристаллографическими параметрами разориентации зерен (с помощью сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии). Было

частично определено влияние состава сплава, а также влияние температуры и продолжительности отжига в присутствии жидкой фазы на относительную долю границ зерен с полным, неполным и псевдонеполным смачиванием. Было частично определено влияние состава сплава, а также температуры и продолжительности отжига в присутствии жидкой фазы на толщину и состав тонких зернограничных прослоек фазы, обогащенной неодимом или железом.

Сплав на основе Nd-Fe-B, полученный с помощью жидкофазного спекания, был изготовлен в компании Vacuumschmelze GmbH (Германия) и изучен в трёх состояниях (1) полностью термообработанном, включая жидкофазное спекание при 1200°C, а затем – два последовательных отжига при 800 и 500°C; (2) после дополнительного отжига при 1200°C (состояние после жидкофазного спекания) и (3) после двух дополнительных отжигов при 1200°C+ 800°C. В этой работе мы впервые наблюдали, что границы между зёрнами магнитожёсткой фазы Nd₂Fe₁₄B в постоянных магнитах могут быть псевдо-неполностью (или псевдо-частично) смочены не только расплавом, богатым неодимом, но и оксидной фазой Nd₂O₃. Такие ГЗ образуют ненулевой контактный угол с фазой в тройных стыках и, одновременно, содержат равномерно тонкий (около 5 нм) слой фазы, богатой неодимом. Таким образом, они отличаются от полностью смоченных ГЗ (нулевой угол контакта), и неполностью смоченных ГЗ (ненулевой контактный угол, нет слоя фазы, богатой неодимом). Тонкие зернограничные слои фаз, богатых неодимом, в псевдо-неполностью (псевдо-частично) смоченных ГЗ Nd₂Fe₁₄B/Nd₂Fe₁₄B, наиболее вероятно, определяют превосходные магнитные свойства постоянных магнитов на основе NdFeB. Это происходит потому, что эти слои могут обеспечить магнитную изоляцию между зёрнами фазы Nd₂Fe₁₄B, необходимую для высокой коэрцитивности

Грант: РФФИ 15-03-01127

Руководитель д.ф.-м.н. Б.Б.Страумал

43. В ходе выполнения проекта было продолжено получение нанокристаллических образцов оксида цинка. В продолжение исследований первого года проекта методом жидкой керамики были получены пленки легированного марганцем оксида цинка. Другой способ получения нанокристаллических образцов оксида цинка - суперкритическая сушка, также был использован для получения образцов в форме аэрогелей. Аэрогели оксида цинка отжигались в различной атмосфере, а затем сравнивались структура и свойства образцов. В ходе выполнения работ были проанализированы состав и структура полученных образцов, а также выполнено исследование химического состояния кислорода.

РФФИ 15-03-04220.

Руководитель - к.ф.-м.н. С.Г. Протасова

44. Установлено, что в продолжение начатых в первом году работ, получены новые результаты по кинетике окисления и структуре защитных плёнок на композитных образцах с молибденовой матрицей и различными оксидными волокнами, а также на композитах с оксидной матрицей и молибденовыми волокнами. В числе новых оксидных волокон, получаемых кристаллизацией из расплава и поэтому отличающихся высокой прочностью при высоких температурах – новые соотношения в системе $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 + \text{ZrO}_2$, а также системы, включающие силикаты иттрия и иттербия. Последнее важно, поскольку стали известными данные, свидетельствующие о высоком сопротивлении окислению указанных силикатов и возможностях защитных покрытий на молибденовых сплавах, состоящих из такого типа силикатов.

Грант РФФИ-15-03-05415

Руководитель – к.ф.-м.н. Новохатская

45. В 2016 г. была закончена обработка образцов с помощью КВД. Закончен анализ влияния параметров КВД-обработки (приложенного давления, степени и скорости деформации) на изменения микроструктуры в сплавах Cu-Vi. Закончено сравнение влияния КВД (сжатие + сдвиг) с влиянием одноосного сжатия без сдвига. В дополнение к обработке сплавов Cu-Vi, получены образцы чистой меди с использованием идентичной процедуры НРТ. Были продолжены стабилизирующие отжиги сплавов Cu-Vi при температурах немного выше точки плавления висмута из-за эффекта торможения границ атомами растворенного вещества. Были также продолжены отжиги обработанных с помощью КВД меди и сплавов Cu-Vi в контакте с жидким висмутом. Эти эксперименты по проникновению жидкого висмута и диффузии выполнялись при различных температурах в диапазоне от 272 до 500 °С. Была частично определена кинетика диффузии и жидкометаллического проникновения. Эта задача выполнена путем исследования сечений отоженных образцов с помощью сканирующей электронной микроскопии высокого разрешения с одновременным химическим анализом на поверхности сечений методом энергодисперсионной и волновой спектроскопии (совместно с израильским партнером). Получены данные по рекристаллизации сплавов Cu-Vi, обработанных методом КВД. Частично проведены отжиги рекристаллизованных сплавов Cu-Vi в контакте с жидким висмутом. Для выявления общих закономерностей влияния топологии по разному смоченных зернограницных ансамблей на структуру и свойства поликристаллов был начат (в дополнение к запланированным работам) сравнительный анализ топологии зернограницных ансамблей: в магнитных сплавах на основе системы NdFeB; легких сплавах на основе алюминия; тугоплавких сплавах на основе вольфрама; бинарных титановых сплавах и ферромагнитных оксидах на основе ZnO.

Грант: РФФИ 15-53-06008

Руководитель д.ф.-м.н. Б.Б.Страумал

46. Мы экспериментально исследовали спин-поляризованный транспорт электронов между ферромагнетиком (пермаллой) и краем двумерной электронной системы с инверсией зон, реализованной в 8 нм квантовой яме HgTe. В нулевом магнитном поле мы наблюдали сильную асимметрию распределения краевого потенциала по отношению к ферромагнитному контакту. Этот результат означает, что геликоидальное краевое состояние, специфичное для структур с инверсией зон даже при наличии объёмной проводимости, сильно связано с ферромагнитным контактом, возможно, в силу ферромагнитного эффекта близости. Этот результат открывает возможности реализации селективных и спин-чувствительных контактов к геликоидальному краевому состоянию.

Грант: РФФИ 15-52-78023-ита

Руководитель д.ф.-м.н. А.А. Шашкин

47. Мы экспериментально исследовали процесс Андреевского отражения на интерфейсе между классическим, трёхмерным сверхпроводником (ниобий) и двумерным полуметаллом, реализованным в широкой (20 нм) квантовой яме CdHgTe/HgTe/CdHgTe либо в двуслойной полуметаллической системе InAs/GaSb. Мы обнаружили для двух различных систем качественно схожее поведение: дифференциальное сопротивление при некотором напряжении на контакте (менее сверхпроводящей щели) демонстрирует резкий рост от классического андреевского значения к значениям, превышающим нормальное сопротивление. Значение напряжения перехода соответствует величине перекрытия зон для этих систем с инверсией спектра, что позволяет отождествить рост дифференциального сопротивления с переходом от классического (ретро, при малых напряжениях) к зеркальному (прибольших) режиму Андреевского отражения.

Грант РФФИ 16-02-00405

Руководитель - д.ф.-м.н. Э.В. Девятков

48. Проект направлен на исследование влияния электрон-электронного взаимодействия и корреляционных эффектов на основное состояние и перенос заряда при низких температурах в электронных системах пониженной размерности. За отчетный период проведено исследование влияния корреляционных эффектов на перенос заряда и на основное состояние в двумерных электронных структурах на основе кремния с сильным межэлектронным взаимодействием. Один из самых интересных результатов найден при измерениях термоэлектрического напряжения в МОП структурах кремния. Обнаружено, что постоянная термоэлектрического напряжения демонстрирует расхожимость с понижением концентрации электронов при конечной электронной плотности. Такое поведение является типичным в окрестности фазового перехода, индуцированного взаимодействием.

Выполнены подробные измерения и анализ осцилляций Шубникова-де Гааза при сверхнизких температурах в высокосоввершенных двумерных электронных системах в квантовых ямах Si/SiGe при различных концентрациях электронов. Наблюдаемые осцилляции магнетосопротивления удается описать с помощью формулы Лифшица-Косевича и определить эффективную электронную массу и g-фактор. Обнаружено, что эффективная масса оказывается увеличенной при низких концентрациях электронов и ее поведение при изменении электронной концентрации, обусловленное эффектами межэлектронного взаимодействия, согласуется с данными, полученными по затуханию квантовых осцилляций с температурой.

Грант РФФИ 16-02-00404

Руководитель - д.ф.-м.н. Шашкин А.А.

49. В высокоподвижной 2D электронной системе в режиме целочисленного квантового эффекта Холла с фактором заполнения 2 при

температурах ниже 1.5 К обнаружена конденсация "темных" триплетных циклотронных магнитоэкситонов – коллективных возбуждений с бозе-статистикой - в единое квантовое состояние. Построена фазовая диаграмма конденсации в координатах "мощность оптической накачки - температура". В конденсате не только оптический отклик магнитоэкситонов (резонансное отражение) возрастает пороговым образом на порядок величины, но одновременно многократно усиливается канал излучательной рекомбинации равновесных электронов. Не только магнитоэкситоны, но и сами электроны в окружающем Ферми-море упорядочиваются так, что при взаимодействии с электромагнитным полем ведут себя коллективным образом. Новая фаза - магнитофермионный конденсат - пример неравновесной системы двумерных фермионов с бозевскими свойствами. В исследуемой системе конденсация происходит не в реальном и не в импульсном пространстве, а в пространстве векторов магнитных трансляций, что открывает совершенно новое поле для будущих исследований.

РФФИ 16-02-00137

Руководитель - д.ф.-м.н. А.В. Горбунов

50. За отчетный период исследовалась эволюция микроструктуры поликристаллического сплава ВТ6 в температурном интервале от 660 до 860°C. В частности детально исследовалась эволюция непрерывных зернограничных прослоек (βTi)-фазы на границах зерен (αTi)/(αTi), с ростом температуры. Показано, что доля границ зерен полностью покрытых (βTi)-фазой, растет с увеличением температуры отжига и достигает своего предельного значения (приблизительно 60%) при температуре 840°C. При росте температуры средняя толщина зернограничных прослоек (βTi)-фазы увеличивается. При температурах выше 840°C, толщина ее настолько увеличивается, что (βTi)-фаза уже образует отдельные зерна, при этом, образуются

межфазные границы (αTi)/(βTi). Ниже же S° температуры ~ 650 все границы зерен в ($a\text{Ti}$)/($a\text{Ti}$), свободны от сплошного слоя (βTi). Так как с увеличением температуры отжига значительно меняется соотношение числа границ зерен ($a\text{Ti}$)/($a\text{Ti}$) и межфазных границ (αTi)/(βTi), то можно ожидать, что это будет влиять на прочность и пластичность отожженного сплава ВТ6. На этих же образцах были проведены измерения твердости ($a\text{Ti}$) и (βTi)-фаз в интервале температур от 660 до 860°C и определены величины модуля Юнга фаз.

Грант РФФИ 16-03-00285

Руководитель - к.ф.-м.н. А.С.Горнакова

51. Изучалась система неравновесных триплетных спин-флип магнитоэкситонов, созданных в квазидвумерной электронной системе при факторе заполнения 2, представлены результаты наблюдения люминесценции в системе неравновесных магнитоэкситонов и доказательства возможности образования плазмаронов. Проведены исследования спектров возбуждений двумерной электронной системы в MgZnO/ZnO , показано, что экситонный вклад больше деполяризованного, что приводит к необычной иерархии межподзонных возбуждений.

Грант РФФИ 16-02-00225

Руководитель – к.ф.-м.н. В.Е. Бисти

52. В первый год работы выбран основной состав сплава $\text{Nb-16Si-13,5Ti-8,7Mo-4,4Hf-4,4Zr-3,5Al-3,5Cr}$ ат.%. При содержании кремния ~ 16 ат.% сплав близок к эвтектическому, а объемная доля интерметаллидной фазы составляет 45-50 %. Определен предел прочности на растяжение при 1200 и 1300°C , который находится на уровне 440 и 480 МПа, соответственно. Выплавлены образцы сплавов с содержанием кремния 10 и 20 ат.% методом Бриджмена со скоростью кристаллизации 5 мм/мин. Сплавы

отличаются от основного соотношением доля твердого раствора на основе ниобия - доля твердого раствора на основе интерметаллида. Соотношения объемных долей $(\text{Nb},\text{X})_{\text{тв.р-р}} / (\text{Nb},\text{X})_5\text{Si}_3$ (где X – легирующий элемент: титан, молибден, гафний, цирконий, хром, алюминий) в сплавах составили 60/40 и 20/80 %, соответственно. Значение предела прочности сплава с содержанием 10 ат.% Si при изгибе находится на уровне 725 МПа. Выплавлены матричные ниобиевые сплавы двумя способами: методом зонной плавки и методом индукционной бестигельной (левитационной) плавки с двукратным переплавом. В первом случае получен сплав с составом 78Nb-17Mo-2.5Hf-2Si ат.%, во втором случае – сплав с составом Nb-2,4Si-18,2Ti-14,6Mo-2,3Hf-3,7Al-4,2Cr ат.%. Значения предела прочности сплава зонной плавки при изгибе находятся на уровне 500 МПа и 970 МПа при 20 и 1300°C, соответственно. Образцы разрушались хрупко. Значения 100-часового предела ползучести составили 83, 119 и 196 МПа при 1100, 1200 и 1300°C, соответственно. Показатель степени n, который характеризует чувствительность скорости деформации к нагрузке, имеет значения 2.12, 2.19 и 2.26. Скорости деформации в диапазоне напряжений от 10 до 100 МПа изменяются при

Грант РФФИ 16-02-384

Руководитель – д.т.н. М.И.Карпов

53. Разработана методика регистрации акустической эмиссии при перемагничивании тонких магнитных гетероструктур. Первые измерения показали, что в структуре NiFe/NiO возникают единичные акты излучения акустических сигналов после приложения или снятия магнитного поля. Мы объясняем данное явление магнитострикцией вызванной резким изменением ориентации спинов в антиферромагнитных зернах NiO.

Разработан и отлажен магнитометр на основе меридионального эффекта Керра на базе эллипсометра ЛЕФ-3М. С его помощью проведены измерения петель гистерезиса и скачков намагниченности в

тонкопленочных структурах Co/IrMg, NiFe/NiO. Полученная статистика скачков намагниченности указывает на сложный характер корреляций в динамике доменных границ, который, по-видимому, обусловлен не только распределением центров пиннинга в ферромагнитном слое, но и процессами формирования гибридных доменных границ в антиферромагнитном слое.

Проект РФФИ: 16-32-00264

Руководитель: к.ф.-м.н. И.В. Шашков

54. Создана методика для спектрального анализа образцов при низких температурах в магнитном поле. Проведено предварительное исследование фотolumинесценции в магнитном поле в образцах, активированных изотопом Si²⁹. Обнаружено, что зависимость длинноволновых дислокационных линий D1 и D2 существенно отличаются. В то время как линия D1 практически не реагирует на присутствие магнитного поля, линия D2 исчезает в спектре. Исследовано взаимодействие парамагнитных кислородных центров ²⁹Si¹⁶O со спинами ядер деформированного Si²⁹. Определено распределение таких центров по глубине деформированного кристалла. Обнаружено, что под влиянием дислокаций происходит перераспределение изотопного состава приповерхностных слоев.

РФФИ 16-02-00420

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

55. Проведены детальные исследования спектрально - поляризационных особенностей излучения слоя InAs полупроводниковых квантовых точек (КТ), расположенных в центре планарных AlAs/AlGaAs микрорезонаторов с частично вытравленным верхним брэгговским зеркалом. Обнаружено, что наибольшая степень циркулярной поляризации (до ~ 75%) выходящего излучения InAs КТ достигается в микрорезонаторах с вытравленным на его верхнем брэгговском зеркале хиральным фотонным кристаллом, ячейки квадратной решетки которого

состоят из четырех повернутых на 90° относительно друг друга вытянутых параллелепипедов.

Выполнено исследование спектров пропускания неполяризованного и циркулярно поляризованного света в направлении, перпендикулярном плоскости планарного волноводного GaAs образца с вытравленным на поверхности планарного волновода хиральным двумерным фотонным кристаллом с различным периодом квадратной решетки. Показано, что положение максимума (его длина волны) в спектре пропускания при изменении периода исследуемого фотонного кристалла линейно зависит от периода фотонного кристалла.

Грант РФФИ-16-02-00631

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

56. Исследовано разномасштабное строение и фазовое превращение в опалах при различных температурах (до 1500°C) и давлениях (до 10 ГПа), используя для этой цели методы обычной и ультрамалоугловой дифракции нейтронов. Установлено, что при термобарическом воздействии на исходный кристобалитный опал последний образует смесь аморфного и кристаллического коэсита, а с дальнейшим повышением температуры до 500°C возникает однофазный кристаллический коэсит. При повышении давления до 11 ГПа (область существования стишовита) происходит кристаллизация: из аморфного кристобалита образуется кристаллический стишовит, как и в случае коэсита.

Грант РФФИ 16-02-00755

Руководитель: д.т.н., проф. Г.А. Емельченко

57. Синтезированы углеродные структуры с решёткой инвертированного опала, модифицированные соединениями никеля. Исследовано влияние термической обработки на фазовый состав композитов. Измерены электрохимические характеристики углеродных структур в качестве электродных материалов в суперконденсаторах: образец на основе

полимера ЭД-20 показал гравитационную емкость 220 Ф/г при плотности тока 0,5 А/г, образец на основе сахарозы показал емкость – 600 Ф/г для плотности тока при разряде 5 мА/см² (0,625 А/г).. Отмечен существенный вклад фарадеевских реакций в удельную ёмкость конденсатора с электродами из композитов.

Грант РФФИ 16- 29 – 06164 офи-м,

Руководитель: д.т.н., проф. Г.А. Емельченко

58. Установлена структура аморфного сплава Al90Y10 после деформационной обработки при различных степенях деформации (n). Определено также, что характер и доля образующейся кристаллической фазы зависят от параметров деформации. Показано, что средний размер образующихся нанокристаллов не меняется и остается равным 9 нм при всех рассматриваемых степенях деформации. Построены распределения кристаллов по размерам. Структурный анализ показал, что после пластической деформации в сплаве происходит образование нанокристаллов Al, а при степени деформации n=2 в сплаве Al90Y10 начинается вторая стадия кристаллизации (формируется интерметаллид Al4Y). Определена зависимость механических характеристик от деформационной обработки. Установлено, что деформационная обработка сплава Al90Y10 приводит к росту микротвердости материала с ростом степени деформации до n=2. Дальнейшее увеличение степени деформации приводит к ухудшению прочностных характеристик.

РФФИ мол_а 16-32-00786

Руководитель – Е.А. Першина

59. Установлено, что, как следует из экспериментов по ядерному магнитному резонансу только спины As взаимодействуют с двумерной электронной системой. Измерено квадрупольное расщепление частоты ЯМР этого изотопа. Определённое по затуханию сдвига Оверхаузера парамагнитного резонанса электронов проводимости время спиновой релаксации ядер сильно зависело от фактора заполнения электронной

системы: было наибольшим (~200мин) при единичном факторе заполнения и становилось меньше при отходе от единичного фактора заполнения.

Грант РФФИ 16-32-00399

Руководитель — к.ф.-м.н. А.В. Щепетильников

60. Установлены особенности взаимной ориентации намагниченности доменов композиционной магнитной структуры микропровода с положительной магнитострикцией. Определены значения полей намагничивания до насыщения поверхностных и внутренних доменов. Проведена оценка значений радиальных напряжений в поверхностном слое металлической сердцевины микропровода. Обнаружен разный эффект влияния понижения уровня внутренних механических напряжений в металлической сердцевине микропроводов имеющих положительное и отрицательное значения константы магнитострикции.

РФФИ 16-32-00797

Руководитель - к.ф.-м.н. Н.Н. Орлова

61. Было теоретически найдено и подтверждено экспериментально, что сценарий "режима с обострением" остается справедливым в случае малого латерального размера пятна накачки. Хотя в этом случае уже нельзя формально противопоставлять "накачиваемую" и распадную поляритонные моды, интенсивное межмодовое рассеяние все же возникает пороговым образом. Причина этого - сильная положительная обратная связь между амплитудой и эффективной резонансной частотой конденсата. Найдено, что сильная стохастическая компонента в распределении поля, возникающая вследствие многомодовой неустойчивости, приводит к скачку автокорреляционной функции второго порядка. Значения этой функции возвращаются к "когерентной" величине 1 тогда, когда переход на верхнюю ветвь устойчивости завершается. В этом случае многомодовая неустойчивость исчезает, поскольку отстройка

накачки от резонанса полностью скомпенсирована его фиолетовым сдвигом и, следовательно, межмодовое рассеяние становится невозможным в силу законов сохранения. В режиме с обострением резко уменьшается пороговая плотность, но возрастает "время активации", в течение которого идет накопление энергии поляритонного конденсата. Вследствие этого существует конечный диапазон амплитуд внешнего поля, которые достаточны для развития неустойчивости, но недостаточны - ввиду ограниченной длительности импульсов - для завершения перехода на верхнюю ветвь. В этом случае поляритонная система приобретает качественно новые свойства. В частности, в ней могут возникать самоорганизованные пространственные структуры. Исходя из симметрии модели, распределение распадных мод в импульсном пространстве должно иметь форму кольца. Но из-за сильной неустойчивости некоторые из этих конкурирующих между собой мод могут заполняться много сильнее, чем остальные, в результате чего спонтанно возникают полигональные (ячеистые) структуры в распределении поля. Этот эффект подтвержден экспериментально. Стохастическая компонента и скачок автокорреляционной функции второго порядка не наблюдаются в резонаторных микростолбиках микронного размера. Полученный результат полностью подтверждает теоретическое предсказание: если межмодовый распад конденсата запрещен в силу размерного квантования, то режим с обострением невозможен. Найдено, что как переходные (в режиме с обострением), так и установившиеся состояния конденсата могут иметь нетривиальные пространственные распределения поляризации, которые могут скачком изменяться в зависимости лишь от мощности возбуждающих импульсов. При этом число качественно отличных друг от друга коллективных состояний системы, между которыми возможны переключения, зависит от геометрии области локализации.

РФФИ 16-02-01172

Руководитель – к.ф.-м.н. С. С. Гаврилов

62. В первый год работы выбран основной состав сплава Nb-16Si-13,5Ti-8,7Mo-4,4Hf-4,4Zr-3,5Al-3,5Cr ат.%. При содержании кремния ~16 ат.% сплав близок к эвтектическому, а объемная доля интерметаллидной фазы составляет 45-50 %. Определен предел прочности на растяжение при 1200 и 1300°C, который находится на уровне 440 и 480 МПа, соответственно. Выплавлены образцы сплавов с содержанием кремния 10 и 20 ат.% методом Бриджмена со скоростью кристаллизации 5 мм/мин. Сплавы отличаются от основного соотношением доля твердого раствора на основе ниобия - доля твердого раствора на основе интерметаллида. Соотношения объемных долей $(Nb,X)_{тв.р.} / (Nb,X)_5Si_3$ (где X – легирующий элемент: титан, молибден, гафний, цирконий, хром, алюминий) в сплавах составили 60/40 и 20/80 %, соответственно. Значение предела прочности сплава с содержанием 10 ат.% Si при изгибе находится на уровне 725 МПа. Выплавлены матричные ниобиевые сплавы двумя способами: методом зонной плавки и методом индукционной бестигельной (левитационной) плавки с двукратным переплавом. В первом случае получен сплав с составом 78Nb-17Mo-2.5Hf-2Si ат.%, во втором случае – сплав с составом Nb-2,4Si-18,2Ti-14,6Mo-2,3Hf-3,7Al-4,2Cr ат.%. Значения предела прочности сплава зонной плавки при изгибе находятся на уровне 500 МПа и 970 МПа при 20 и 1300°C, соответственно. Образцы разрушались хрупко. Значения 100-часового предела ползучести составили 83, 119 и 196 МПа при 1100, 1200 и 1300°C, соответственно. Показатель степени n, который характеризует чувствительность скорости деформации к нагрузке, имеет значения 2.12, 2.19 и 2.26. Скорости деформации в диапазоне напряжений от 10 до 100 МПа изменяются при 1100°C от $5 \cdot 10^{-11}$ до $7 \cdot 10^{-9}$ с⁻¹, при 1200°C от $1.4 \cdot 10^{-10}$ до $2 \cdot 10^{-8}$ с⁻¹, при 1300°C от $2 \cdot 10^{-10}$ до $4 \cdot 10^{-8}$ с⁻¹. Энергия активации ползучести имеет значения 180 кДж/моль в диапазоне температур 1100-1300. Значения предела прочности сплава, полученного левитационной плавкой с двукратным переплавом, при изгибе составили 390, 542, 551 и 417 МПа

при 20, 1100, 1200 и 1300°С, соответственно. При температуре 1200°С происходит переход от хрупкого механизма разрушения к вязкому.

РФФИ 16-02-00384

Руководитель – Т.С.Строганова

63. Экспериментально исследована делокализация квазиодномерной бозонной системы экситонных поляритонов в полупроводниковых микрорезонаторных проводах, изготовленных из планарного $\lambda/2$ AlGaAs/AlAs микрорезонатора с 4 GaAs квантовыми ямами в активной области. Найдено, что при малых плотностях возбуждения, вплоть до достижения порога конденсации поляритонов в возбуждаемой области, поляритоны остаются сильно локализованными в возбуждаемой области провода. При плотности возбуждения чуть выше порога конденсации, вместе с пороговым ростом плотности поляритонов начинается их распространение из области пятна возбуждения вдоль проволоки со скоростью $\sim 1 - 1.5$ мкм/пс.

Грант РФФИ 16-02-00407

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

64. Отработаны технологии изготовления субмикронных планарных джозефсоновских SNS и S-N/F-S переходов. Сравнение джозефсоновские характеристик планарного SNS (Al-Cu-Al) перехода и перехода S-N/F-S (Al-Cu/Fe-Al) с двуслойным Cu/Fe барьером показало, что подслой железа, находящийся в однодоменном состоянии, приводит к возникновению заметных спиновых корреляций в медном слое за счет спиновой диффузии через F/N границу. Отработана также методика исследования неравновесных явлений в сверхпроводящих джозефсоновских структурах, основанная на использовании нормальной и сверхпроводящей пробы для измерения разности химических потенциалов нормальной и сверхпроводящей компоненты. Исследованы динамические магнитные характеристики тонких ферромагнитных слоев пермаллоя (Py) и слабоферромагнитного $\text{Pd}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}$, которые будут

использоваться в планируемых экспериментах по взаимодействию электромагнитных мод, возникающих в джозефсоновских переходах, с другими динамическими модами в гибридных многослойных структурах.

Грант РФФИ 16-02-00418

Руководитель д.ф.-м.н. В.В.Рязанов

65. Целью проекта является исследование трансформаций структуры металлических стекол при комбинированном воздействии с целью создания гетерогенных аморфных структур и нанокристаллических структур разного химического состава. Проект направлен на исследование изменений, происходящих в аморфной фазе при термообработке и деформации, изучение различных параметров микроструктуры на разных этапах структурных трансформаций, а также сопровождающих их изменений механических свойств. В течение первого года выполнения проекта основное внимание предполагалось сосредоточить на – сравнительном исследовании влияния разных видов деформирования (квазигидростатического сжатия, многократной прокатки и кручения под давлением) на эволюцию структуры под действием разных видов деформации, а также исследовании изменений структуры аморфной фазы при последующем отжиге.

Грант 16-03-00505

Руководитель – д.ф.м.н. Г.Е.Абросимова

66. Богатыми на экспериментальные результаты объектами исследования являются двойниковые границы, поскольку кристаллография двойниковых границ чётко определена. Так как рёбра между плоскими и скруглёнными сегментами двойниковых границ являются естественными образованиями, воспроизводимость экспериментальных результатов высокая. Целью работы является количественное определение подвижности зернограничного ребра на двойниковой границе между плоскими участками границы. Стационарная форма мигрирующей

вершины (некогерентной двойниковой границы, НКДГ) двойниковой пластины была исследована in-situ в высокотемпературной приставке к оптическому микроскопу в температурном интервале от 200 до 414С. В том же температурном интервале одновременно измерялась скорость миграции зернограничного ребра и, затем, рассчитывалась его подвижность А. Экспериментально обнаружено: 1. Рёбра на двойниковой границе являются устойчивыми дефектами как при низких, так и при высоких температурах. 2. Экспериментально показали, что рёбра на двойниковых границах между плоскими участками некогерентной двойниковой границы (НКДГ) и когерентной двойниковой границы (КДГ) с углами 90-135 градусов не тормозят движение НКДГ. 3. Измерена энтальпия активации движения зернограничного ребра между плоскими участками КДГ и НКДГ с углом 45 градусов, которая составляет 0.25-0.7 эВ. 4. Измерена энтальпия активации движения зернограничного ребра между плоскими участками КДГ и НКДГ с углом 80 градусов, которая составляет 1.2-1.7 эВ. 5. Измерена энтальпия активации движения зернограничного ребра между плоскими участками из НКДГ с углом 145 градусов, которая составляет 2.35 эВ. 6. Параметр тормозящего влияния ребра между плоскими участками из НКДГ с углом 145 градусов равен 0.423, а с углом 80 градусов 1.1. Значение параметра около единицы свидетельствует о значительном тормозящем влиянии таких рёбер.

Грант РФФИ 16-03-00248

Руководитель – к.ф.-м.н. В.Г.Сурсаева

67. Исследованы фазовые соотношения, электрические и термомеханические свойства оксидных и керметных материалов системы Fe-Ni-O, перспективной для создания высокоэффективных катализаторов окисления углеводородных топлив. На основании результатов микроструктурной оптимизации получены катализаторы на основе

наноразмерных частиц никеля, стабилизированных на поверхности пористой матрицы из двойных оксидов железа-никеля, и анодные слои твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) с такими катализаторами. Исследованы электрохимические свойства и стабильность анодных материалов. Определена базовая структура и критические параметры многослойных анодов, включающих каталитически активные, защитные и токопроводящие слои. Изучены процессы восстановления и деградации многофункциональных слоев электродов-катализаторов в режимах практической эксплуатации ТОТЭ.

Грант РФФИ 13-03-12409

Руководитель – к.х.н. В.В.Хартон

68. В 2016 г. были изготовлены сплавы титана с β -стабилизаторами (ниобием, кобальтом и железом) из особоочистых и технически чистых компонентов. Концентрации второго компонента (2-4 для каждого сплава) при этом были таковы, чтобы исследовать всю область растворимости (в случае кобальта и железа – до точки эвтектоидного превращения. Было начато изготовление и термическая обработка образцов для КВД. Литые сплавы титана были отожжены при разных температурах и затем закалены, чтобы получить разные исходные состояния (разные объемные доли α - и β -фаз, их разное распределение в объеме и по границам зерен, разную текстуру). Было начато исследование микроструктуры сплавов титана с ниобием, кобальтом и железом до термической обработки и после отжига в однофазной β -области и последующей закалки. Было начата характеристика морфологии и взаимного расположения структурных составляющих. Было начато определение фазового состава сплавов до и после КВД методами СЭМ, ПЭМ, ВПЭМ, рентгеновской дифракции (РД) и РМА (совместно с германскими партнерами). Было начато исследование микроструктуры сплавов титана с ниобием, кобальтом и железом до после отжига ниже температуры эвтектоидного превращения и последующей закалки.

Впервые наблюдались фазовые переходы в мартенсите α' -Ti, вызванные кручением под высоким давлением (КВД), а также превращения $\alpha' \rightarrow \omega$ в сплавах Ti-Fe. Чистый титан и четыре сплава Ti-Fe с 0,5, 1, 2,2 и 4 мас.% Fe подвергали КВД при 7 ГПа, 5 об, 1 об/мин при комнатной температуре. Растворимость железа в β -Ti велика (до 25 мас.%), но в α -Ti она не превышает 0,05 вес. %. Поэтому литые сплавы Ti-Fe, отожжённые в области твердого раствора β -(Ti,Fe) и затем закалённые, превращаются в мартенсит α' -Ti. Параметры решетки α' -Ti мартенсита уменьшаются с увеличением содержания железа в сплаве, аналогично параметру решетки в β -Ti. Во время КВД α' -Ti мартенсит частично преобразуется в ω -Ti. В то же время, параметры решетки оставшейся фазы α' -Ti увеличились и приблизились к параметрам решетки чистого (без железа) α' -Ti, подвергнутого КВД. Эти процессы включали ускоренный массоперенос атомов железа из α' -Ti.

РФФИ 16-53-12007

Руководитель - д.ф.-м.н. Страумал

69. Обнаружено образование различных типов цепочечных структур и двумерных кластеров из включений при их самоорганизации в полярных свободно подвешенных смектических наноплёнках. Самоорганизация происходит в результате смешанного диполь-квадрупольного взаимодействия между частицами. В отличие от взаимодействия дипольного и квадрупольного типа, которое приводит к образованию структур с большими межчастичными расстояниями, частицы со смешанным взаимодействием образуют стабильные структуры, в которых частицы касаются друг друга. Усовершенствован метод синтеза монодисперсных частиц SiO₂ для приготовления опалоподобных фотонных структур.

Грант РФФИ 16-29-11702-офи м

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

70. Выполнены микроскопические расчеты экситонных поляритонов в GaAs микрорезонаторе, образованных из пространственно непрямых экситонных состояний в полупроводниковых связанных квантовых ямах в активной области микрорезонатора. Показано, что такие поляритоны, которые находятся в режиме сильной связи, обладают большим статическим дипольным моментом.

Грант РФФИ-16-29-03333

Руководитель – д.ф.-м.н. член-корр. РАН В.Д. Кулаковский

71. Разработан и исследован новый метаматериал, сочетающий в себе серебряные кластеры и модулированную диэлектрическую структуру на базе диоксида кремния, в котором реализован двойной плазменный и диэлектрический резонансы и обеспечено колоссальное усиление сигнала неупругого рассеяния света на уровне в 10^8 раз. Разработаны и исследованы диэлектрические периодические резонансные структуры, которые в сочетании с металлическими плазменными слоями обеспечивают гигантское усиление сигнала неупругого рассеяния света в заданных спектральных интервалах.

Проект РФФИ-16-29-03151 офи_м

Руководитель: д.ф.-м.н. член-корр. РАН И.В. Кукушкин

72. В рамках проекта были экспериментально изучены слабозатухающие возбуждения в двумерных электронных системах. При этом на поверхности подложек были сформированы планарные металлические структуры, образующие резонаторы. Было показано, что изменение геометрических параметров данной структуры оказывает существенное влияние на частоту и ширину плазменного резонанса. Также было проведено численное моделирование металлической структуры для определения её индуктивной и ёмкостной компонент. Это позволило построить феноменологическую модель для предсказания свойств слабозатухающего плазменного возбуждения в резонаторной структуре. Кроме того, были проведены предварительные квазиоптические

измерения поглощения плазмонной структуры в субтерагерцовом диапазоне для изучения возможности использования плазменных возбуждений в перспективных электронных устройствах.

Проект РФФИ-16-32-00353

Руководитель: П.А.Гусихин

73. Исследовано влияние ионного легирования бором на дислокационную люминесценцию кремния с различными конфигурациями дислокационных систем и плотностью дислокаций. Показана зависимость низкотемпературных спектров фотолюминесценции исследуемых дислокационных структур от их морфологии, а также от типа и уровня легирования образцов электрически активными примесями. Обнаружен нетипичный ход температурной зависимости интенсивности линии D1 на участке 6К-80К, связанный с дополнительной имплантацией примеси бора в дислокационную область образцов. Показана зависимость температурного поведения интенсивности линии D1 от концентрации имплантированного В⁺.

РФФИ 16-32-50184

Руководитель – к.ф.-м.н. А.Н.Терещенко

74. Установлено, что для получения монокристаллов полностью стабилизированного диоксида циркония суммарная концентрация стабилизирующих оксидов скандия и иттрия находится в интервале концентраций 10 - 12 мол.%. Полученные однородные кристаллы полностью стабилизированного диоксида циркония были однофазными с кубической флюоритовой структурой. Показано, что они обладали высокой микротвердостью и низкой трещиностойкостью. При увеличении содержания суммарной концентрации стабилизирующих оксидов и содержания оксида иттрия значение микротвердости кристаллов увеличивалось. Найдено, что наиболее высокую проводимость в области рабочих температур твердооксидных топливных элементов показали

твердые растворы на основе диоксида циркония с 8 мол.% оксида скандия и 2 мол.% оксида иттрия и состав с 10 мол.% оксида скандия и 1 мол.% оксида иттрия.

РФФИ 16-38-00521

мол_а Конкурс научных проектов, выполняемых молодыми учеными
(Мой первый грант)

Руководитель – И.Е.Курицына

75. Обнаружено, что обкатка поверхностей поликристаллических металлов существенно улучшает параметры их атомарной и электронной структур. Наряду с хорошо известным повышением микротвердости наблюдаются сужение рефлексов рентгеновской дифракции и снижение энергетических потерь свободных электронов в приповерхностной области. Кроме того, заметно увеличивается антикоррозионная стойкость поверхности. Полученные экспериментальные данные объясняются упорядочением атомарной структуры приповерхностного слоя, происходящего при интенсивном пластическом деформировании. Это связано как со статическими, так и динамическими механизмами упорядочения. Статическое повышение плотности дислокаций до наномасштабных расстояний между ними приводит к образованию квазипериодических границ между нанозернами. Интенсивная динамика деформирования при нанорасстояниях между дислокациями вызывает усиленную генерацию локальных фононных возбуждений, способствующих упорядочению структуры аналогично высокотемпературному отжигу.

Грант РФФИ 16-58-00132

Руководитель – к.ф.-м.н. Н.В.Классен

76. Изготовлены новые высокоподвижные полупроводниковые структуры на основе гетеросистем $ZnO/MgZnO$ и $GaN/AlGaN$. Проведены исследования оптических свойств гетероструктур в квантующих магнитных полях. Обнаружены линии фототоллюминесценции электронного газа из гетеропереходов $ZnO/MgZnO$ и $GaN/AlGaN$, связанные с переходами с уровней Ландау электронов зоны проводимости на уровни Ландау дырок валентной зоны. Обнаружено гигантское

усиление сигнала люминесценции с поверхности Ферми электронов из-за формирования экситона Махана. Представлено феноменологическое объяснение наблюдаемых результатов.

Грант РФФИ-16-29-03168

Руководитель – д.ф.-м.н. Л.В.Кулик

IV. Результаты, полученные при выполнении хоз.договоров

1. Изготовлены две детекторные сборки, состоящие из кристаллов $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ диаметром 5мм и высотой 10мм и приклеенных к ним твердотельных Si-ФЭУ, помещенных в герметичный и светонепроницаемый дюралевый контейнер. Проведены исследования световыходов и энергетического разрешения детекторныхборок при использовании различных покрытий: зеркального и диффузно-светоотражающих покрытий. Установлено, что самым эффективным является диффузно-отражающий мелкодисперсный порошок тефлона толщиной 0.5-1мм. Для улучшения сцинтилляционных характеристик детекторныхборок диффузно-отражающее покрытие наносилось не только на боковые поверхности и торцевую поверхность, противоположную торцевой поверхности, к которой приклеен SiФЭУ, но и на часть торцевой поверхности кристалла $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$, расположенную вне SiФЭУ, размер чувствительной области которого $3 \times 3 \text{ мм}^2$, меньше торцевой поверхности кристалла. Это позволило улучшить световыход и энергетическое разрешение детекторныхборок.

Хоз. Договор № 1142-16

Руководитель - д.ф.-м.н. С.З.Шмурак

2. Разработан и передан заказчику для испытаний опытный образец сцинтилляционного детектора ДБСЛ.25.25 на основе монокристалла бромида лантана, размером 25x25 мм в герметичном контейнере с улучшенными световыходом и энергетическим разрешением

Хоз. Договор № 1153-16

Руководитель - к.ф.-м.н. Н.В.Классен

3. Отработана технология приготовления субмикронных ($\sim 0.1 \times 0.1$ мкм²) джозефсоновских туннельных переходов Al-AlO_x-Al с плотностями критических токов в интервале 0.1-3 кА/см², пригодных для изготовления сверхпроводящих квантовых когерентных систем (кубитов) как в фазовом (потокосом), так и в зарядовом пределах. Отработана также автоматизированная методика измерений низкотемпературных транспортных свойств джозефсоновских переходов в криостате на основе He-3.

Хоздоговор 1144-16

Руководитель - д.ф.-м.н. В.В. Рязанов

4. Проведены исследования по оптимизации светоизлучательных характеристик и изготовлению сцинтилляционного кристалла LaBr₃(Ce) диаметром 25 мм и высотой 27 мм с размещением в герметичном контейнере с улучшенным световыходом и энергетическим разрешением. Изготовлен и передан заказчику для испытаний опытный образец указанного сцинтилляционного кристалла.

Хоз. Договор № 1141-16

Руководитель - к.ф.-м.н. Н.В.Классен

5. Впервые экспериментально показали, что завихренность, формируемая на поверхности воды слабо нелинейными волнами, зависит от их разности фаз. Модуль завихренности на поверхности квадратично зависит от амплитуды волн для гравитационно-капиллярных волн. Показано, что теоретическая модель генерации вихревого движения нелинейными волнами применима для описания завихренности на поверхности жидкости не только для волн капиллярного диапазона с длиной волны около 0.5 см, но и для гравитационно-капиллярных волн с длинами волн порядка 10 см. Наблюден обратный каскад в системе вихрей, формируемых волнами на поверхности воды.

Хоздоговор №1132-16

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

6. Разработана технология и изготовлен опытный образец токовода для томографа.

Хоздоговор №1126-16

Руководитель - д.ф.-м.н. К.П.Мелетов

7. Выращены кристаллы $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ (BSCCO) и переданы в ИФМ РАН (Н.-Новгород) для разработки элементов джозефсоновской электроники.

Магнитные измерения и определение состава контрольных образцов кристаллов показали начало перехода в сверхпроводящее состояние 89 К и реальный состав соответствует формуле $\text{Bi}_{2.2}\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$. Типичный размер кристаллов $2*2*0.02$ мм, что соответствует требованиям технического задания.

Хоздоговор № 223-16 (ЕП 59/160-223/16) на выполнение научно-исследовательской работы «Исследование синтеза порошка и выращивания кристаллов соединения BSCCO». Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 16-19-10478 по теме «Развитие технологий изготовления ТГц генераторов на основе высокотемпературных сверхпроводников».

Ответственный исполнитель: к.х.н., с.н.с. А.Б.Кулаков.

8. Проведены комплексные исследования фазового взаимодействия, микроструктуры, электропроводности, чисел ионного переноса и термического расширения серии композиционных ион-проводящих материалов на основе перовскитодобного галлата лантана, диоксида церия со структурой флюорита и силиката лантана со структурой апатита, с высоким уровнем легирования и добавками различного функционального назначения. Установлено, что введение умеренных количеств катионов переходных металлов позволяет увеличить спекаемость, поднять уровень смешанной ионно-электронной проводимости и кислородного обмена, и обеспечить достаточную стабильность композиционных мембран. Показано, что наиболее

критическим фактором, определяющим возможность оптимизации композиционных мембран, являются взаимодиффузия компонентов и механизмы возможных реакций между компонентами при формировании керамики и спекании. Найдено, что для материалов на основе галлата и силиката лантана улучшение функциональных свойств может быть достигнуто путем формирования твердых растворов с допантами, в то время как оптимизация композитов на основе диоксида церия возможна путем сегрегации микродобавок оксидов переходных металлов на границах зерен.

Договор 14.В25.31.0018 от 26.06.2013 г. с Министерством образования и науки РФ

Руководитель – к.х.н. В.В.Хартон

9. При генерации вихревой решетки двумя плунжерами экспериментально установлено, что вихри проникают в объем воды, сохраняя симметрию. Амплитуда вихря убывает с глубиной h по экспоненциальному закону близкому к $\exp(-\sqrt{2}kh)$. Полученная экспериментальная величина близка к теоретической оценке. Следует отметить существенное расхождение величин амплитуд завихренностей, измеренных на поверхности и на расстоянии в 1 см под поверхностью.

Показано, что на начальной стадии формирования большого вихря на фоне решетки вихрей происходит существенная перестройка вихревой структуры. На распределении азимутальной скорости большого вихря по радиусу хорошо видна осциллирующая функции с периодом, соответствующим характерному размеру мелкомасштабных вихрей. Затухающий крупномасштабный вихрь вращается как единое целое: с одинаковой (в зависимости от радиуса) угловой скоростью.

Хоздоговор №1140-16

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

10. В соответствии с Контрактом проведен анализ огрубления и коалесценции островов в смектических плёнках в условиях микрогравитации. Установлено, что коалесценция приводит к существенному увеличению размера островов и уменьшению их количества. Термокапиллярные явления проявляются в перемещении смектического материала из более нагретой в более холодную часть плёнки. Гидродинамическая неустойчивость приводит к разбиению более толстых полосок смектика на цепочки смектических островов. Капли высокотемпературной фазы могут самоорганизовываться в цепочки и двумерные кластеры. Исследования проведены на пузырях, образованных полярными и неполярными жидкокристаллическими фазами.

Контракт между ФГУП ЦНИИмаш и ИФТТ РАН
«Выполнение работ постановщика по проведению КЭ «ОАСИС»,
предварительная обработка и экспресс-анализ результатов КЭ «ОАСИС»
в 2016 году»

(этап 1 ведомости исполнения контракта от 17.10.2016

№ 4770238802716000051/1152-16/(32-1301-2016)-1301/240-2016, пп 2.2.1,
2.2.2 ТЗ)

СЧ ОКР «МКС (Наука)» ИФТТ

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

11. Проведена отработка методики подготовки порошковых образцов и подготовлены образцы алюмоматричного композита системы Al-Ni-) для структурного анализа. На полученных образцах с помощью методов рентгенографии и электронной микроскопии проведено изучение структуры наноразмерной углеродной добавки и ее распределения. Показано, что наноразмерная углеродная добавка может образовывать поверхностные слои на частицах.

Хоздоговор № 1131-16 «Анализ распределения графеноподобных наноразмерных наполнителей в компактных образцах (брикетах) алюмоматричных композиционных функциональных материалов для деталей прецизионных приборов.

Руководитель - д.ф.-м.н. А.С. Аронин

12. Построен участок фазовой диаграммы в системе $K_2Co(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ - $K_2Ni(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ - H_2O в диапазоне температур 30-50 С, а также экспериментально изучена зависимость состава кристалла от пересыщения раствора; выполнен анализ возможности управления составом раствора *in situ* в процессе роста; доработан макет установки для обеспечения выращивания смешанных кристаллов методом температурного перепада в динамическом режиме с контролем состава маточного раствора; выращены образцы смешанных монокристаллов в динамическом режиме.

Хоз/Договор (ОКР) № 1114-15

Руководитель: д.т.н., проф. Г.А. Емельченко

13. Исследованы условия синтеза и получены порошки из аморфных сферических микрочастиц диоксида кремния диаметром в диапазоне $> 3\mu m$ и $< 50\mu m$, сформированных монодисперсными коллоидными частицами SiO_2 (размером 280 нм и 200 нм) путем их плотнейшей упаковки.

Контракт №1-16-4,

Руководитель: д.т.н., проф. Г.А. Емельченко

13 Экспериментально исследованы низкотемпературные спектры пропускания света различной циркулярной поляризации через хиральные фотонные кристаллы с различным периодом, изготовленные из нехирального полупроводника GaAs. Найдено, что спектры пропускания при нормальном падении в противоположных циркулярных поляризациях качественно различны. Показано, что изготовление таких структур толщиной всего несколько сот нм на поверхности световодов и планарных микрорезонаторов позволяет получать излучение с большой степенью циркулярной поляризации без использования магнитного поля

Хозяйственный договор 1147-16

Руководитель – член-корр. РАН В.Д. Кулаковский

14. Исследования экспериментального образца батареи из ТОТЭ размером 100x100 мм после проведения на нем исследовательских электрохимических испытаний показало:

- наличие фазовой стабильности материалов катода и анода в топливных элементах опытного образца батареи из ТОТЭ размером 100x100 мм,
- защитные покрытия не утратили свою целостность и являются действенным барьером на пути диффузии хрома на поверхность токовых коллекторов;
- катодный и анодные клеи, выдержали испытания и сохранили свои характеристики и свойства.

Договор субсидии 14.610.21.0007 с МОН

Руководитель – д.ф.-м.н. С.И.Бредихин

15. Проведены исследовательские испытания электрохимических характеристик батареи из ТОТЭ размером 100x100 мм в зависимости от скорости подачи и коэффициента утилизации топлива. Показано, что при рабочем расходе водорода образец батареи способен выработать не менее 550 Вт при коэффициенте использования топлива 70% и среднем напряжении на ТОТЭ 0,725 В.

Хоздоговор 2015 НТЛ 1.11

Руководитель – д.ф.-м.н. С.И.Бредихин

16. Для подбора температуры нагревателя и соответствующих температурных профилей НА МЭП-01 были проведены эксперименты с имитаторами. Для эксперимента «Вампир» был изготовлен имитатор из оксида циркония. Для эксперимента «Фуллерен» был изготовлен имитатор из кварцевых трубок. Результаты подбора температуры нагревателя для имитатора ZrO_2 : 700 °С (для кадмиевой зоны) и 900 °С (для теллуровой зоны). Проведенный эксперимент «ВАМПИР» с зоной теллура в качестве растворителя завершился успешно. В ходе ростового

процесса был реализован температурный профиль печи МЭП-01, обеспечивший в ампуле тепловые условия, близкие к отработанным в экспериментах с имитаторами.

Хоз. договор от «01» июля 2014 г. № 1082-14. Наземная отработка космических экспериментов «ВАМПИР» и «Фуллерен» на опытном образце НА «МЭП-01», Этап 2-1 «Анализ экспериментов с имитаторами. Подготовка образца для проведения одного эксперимента «ВАМПИР». Анализ полученных результатов».

Руководитель – к.ф.-м.н. Н.Н.Колесников

17. Проведены рентгеноструктурные исследования монокристаллов новых ионных комплексов фуллеренов при низких температурах в инертной атмосфере. Проведен первичный структурный анализ кристаллов комплекса MDABCO-TPC_Sc3N@C80, показано что они изоструктурны кристаллам комплекса MDABCO-TPC_C60. В случае кристаллов комплекса $(CV^+)(C_{60}^{\bullet-}) \cdot 0.5C_6H_4Cl_2$ было установлено, что, несмотря на плотную упаковку анион-радикалов фуллерена, в структуре не происходит их димеризация при низких температурах. Для кристаллов комплекса $(Bu_4N^+)\{Co(Ph_3P)\}_2(\mu_2-Cl^-)(\mu_2-\eta^2, \eta^2-C_{60})_2$ были проведены многотемпературные структурные исследования с целью выяснения возможных структурных изменений, связанных с термоактивированным переносом заряда с металлокомплекса на фуллерен.

Хоздоговор 1138-16

Руководитель – к.ф.-м.н. С.С.Хасанов

18. На I и II этапах выполнения Государственного контракта были реализованы программное ядро и программная оболочка портативного рамановского анализатора сыпучих смесей «Шаман-скан». Программное ядро включает модули по автоматизированному сканированию поверхности и синхронному анализу спектров неупругого (рамановского) рассеяния света, а также модуль распознавания массивов спектральных данных по базе данных эталонных спектров. Программная оболочка включает пользовательский интерфейс для совершения анализа проб и

программные инструменты для управления моторизованными подвижками, функциями измерительной системы спектрометра, управления лазерным источником, а также настройками модуля распознавания.

В процессе разработки и предварительного тестирования программного обеспечения к ПРАС «Шаман-скан» выявлены следующие особенности: Ввиду необходимости накопления, обработки и анализа внушительных объемов данных (до 40000 измеряемых спектров и 12000 эталонных спектров согласно пунктам 3.2.13 и 3.2.16 Тактико-технических требований к изделию) алгоритм распознавания был сконфигурирован путем распараллеливания процессов сканирования, обработки и распознавания массива данных по разным процессорам ПЭВМ. При этом оптимальное количество ядер центрального процессора составило 4, а частота каждого из процессоров не принципиальна, так как не влияет на быстродействие распознающей программы в диапазоне тактовых частот 2 – 3 ГГц.

Также математическая обработка столь больших массивов спектральных данных требует большого объема оперативной памяти ПЭВМ (3-5 Гбайт помимо памяти, отбираемой системными процессами), что было выявлено как путем простого анализа требуемой памяти, так и практически путем сравнения быстродействия на различных ПЭВМ с отличающимися объемами свободной оперативной памяти.

В итоге сделано заключение, что для достижения требуемых характеристик по скорости распознавания смесей (пункт 3.2.9) целесообразно изменить некоторые технические характеристики ПЭВМ, идущих в комплекте с изделием. А именно – увеличить объем оперативной памяти до 8Гбайт и увеличить количество ядер CPU до 4-х, возможно с уменьшением тактовой частоты до 2-х ГГц.

Договор 1145-16 (в рамках работ по выполнению Государственного контракта №2016-70 от 01.04.2016 (ОКР «Шаман-Скан»))

Руководитель – д.ф.-м.н. Л.В.Кулик

19. Разработана технология выплавки слитков из сплава состава Nb -10 масс% Al из брикетов сплава, поставляемых Заказчиком – НИТУ МИСиС. Технология включает сборку расходуемого электрода методом сварки проплавом небольшой локальной зоны контакта брикетов на установке электронно лучевой плавки и последующий переплав электрода методом дуговой плавки с расходуемым электродом. Выплавлены и переданы заказчику слитки диаметром 73 мм

Договор 1146-11

Руководитель – член-корр. РАН, д.т.н. М.И.Карпов

Научно-организационная деятельность ИФТТ РАН

В 2016 году Ученый совет ИФТТ РАН провел 24 заседания, на которых обсуждались следующие вопросы:

Утверждение планов работы Ученого совета

Научные доклады в связи с направлением работ в печать

Научные доклады по основным направлениям научной деятельности института

Итоги аттестации аспирантов

Обсуждение и утверждение отчета по научно-исследовательской работе института за 2016 год

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

Обсуждение и утверждение результатов конкурса научно-исследовательских работ 2016 года

Отчет дирекции института по итогам 2015 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 2016 году сотрудника ИФТТ РАН И.В.Кукушкин избран в действительные члены РАН. В 2016 году сотрудник ИФТТ РАН академик В.Б.Тимофеев был награжден Медалью Е.Ф.Гросса за выдающиеся достижения в области спектроскопии полупроводников и диэлектриков и наноструктур на их основе. В 2016 году ученый секретарь ИФТТ РАН Абросимова Г.Е. была удостоена почетного звания «Заслуженный деятель науки Московской области». В 2016 году заместитель директора ИФТТ РАН Левченко А.А. был награжден Почетной грамотой Московской областной думы.

В 2016 году сотрудник ИФТТ РАН Струмал Б.Б. получил награду в номинации «физика», вручаемую компанией Clarivate Analytics (прежде известной как подразделение по научным исследованиям и интеллектуальной собственности Thomson Reuters) самым влиятельным российским ученым и исследовательским организациям 2016 года. Список награжденных был составлен на основе данных о цитируемости научных публикаций в базе данных Web of Science Core Collection и других индексов.

В 2016 году сотрудниками ИФТТ РАН защищены 6 кандидатских диссертаций:

1. Гусихин Павел Артурович «Плазмон - поляритонные возбуждения в двумерных электронных системах» - кандидатская диссертация по специальности 01.04.07 –«Физика конденсированного состояния» (диссертационный совет Д 002.100.01 при ИФТТ РАН), г. Черноголовка. Дата защиты 14 ноября 2016 г.

2. Кононов Артем Александрович «Исследование транспорта между двумерной электронной системой со спин-орбитальным взаимодействием и металлом с макроскопическим параметром порядка» - кандидатская диссертация по специальности 01.04.07 –«Физика конденсированного состояния» (диссертационный совет Д 002.100.01 при ИФТТ РАН), г. Черноголовка. Дата защиты 18 апреля 2016 г.
- 3 Прохоров Дмитрий Владимирович «Структура и механические свойства жаропрочных композиционных материалов на основе системы Nb-Al»- кандидатская диссертация по специальности 05.16.01 –«Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» (диссертационный совет Д 217.035.01 при ФГУП «ЦНИИЧермет им. И.П.Бардина»), г. Москва.
4. Рыжкин Михаил Иванович «Статические и динамические свойства физических систем с правилами льда» - кандидатская диссертация по специальности 01.04.07 –«Физика конденсированного состояния» (диссертационный совет Д 002.100.01 при ИФТТ РАН), г. Черноголовка. Дата защиты 14 ноября 2016 г.
5. Тихонов Евгений Сергеевич «Исследование дробового шума в низкоразмерных электронных системах» - кандидатская диссертация по специальности 01.04.07 –«Физика конденсированного состояния» (диссертационный совет Д 002.100.01 при ИФТТ РАН), г. Черноголовка. Дата защиты 10 октября 2016 г.
6. Щепетильников Антон Вячеславович «Исследование спиновых возбуждений в двумерных электронных системах посредством методики ЭПР» - кандидатская диссертация по специальности 01.04.07 –«Физика конденсированного состояния» (диссертационный совет Д 002.100.01 при ИФТТ РАН), г. Черноголовка. Дата защиты 8 февраля 2016 г.

Научно-образовательная деятельность ИФТТ РАН

ИФТТ РАН ведет активную работу в рамках интеграции РАН и высшего образования, а также с целью привлечения талантливой

молодежи к научной работе и для подготовки молодых специалистов - кадров высшей категории в области физики твердого тела и физического материаловедения.

В ИФТТ РАН работают четыре базовые кафедры:

1) две базовых кафедры МФТИ.

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

1.1 Кафедра физики твердого тела, зав. кафедрой член-корреспондент РАН В.В.Кведер, количество привлеченных научных сотрудников – 13, количество студентов, проходящих обучение – 23, направление подготовки – 010600.

1.2. Кафедра «Физика и технология наноструктур». Кафедра организована в 2009 г., зав. кафедрой чл.-корр. РАН В.В. Лебедев, количество привлеченных научных сотрудников ИФТТ - 6, всего из разных институтов - 13, количество студентов, проходящих обучение – 13, направление подготовки – 010600

2) Базовое физическое отделение факультета фундаментальной физико-химической инженерии МГУ им. М.В. Ломоносова

Ведущий ВУЗ – Московский государственный университет, физическое отделение создано в 2006 году, зав. физическим отделением д.ф.-м.н. В.Д. Кулаковский, количество привлеченных научных сотрудников – 5, количество студентов, проходящих обучение – 14, направление подготовки – 010400 (физика).

3) Базовая кафедра «Высоких технологий и физических методов исследования материалов» АГУ. Кафедра организована в 2012 г., зав. кафедрой д.ф.м.н. Левченко А.А. количество привлеченных научных сотрудников – 4, количество студентов, проходящих обучение – 10, направление подготовки – 010600

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

1. НОЦ «Водородная энергетика».

Руководитель - член-корреспондент РАН В.В.Кведер. НОЦ создан во исполнение решения Ученого совета ИФТТ РАН от 13 апреля 2009 года (протокол №7) и приказа по ИФТТ РАН от 22.04.2009 №46-1252. В составе НОЦ: 6 молодых кандидата наук (до 35 лет), 4 аспирантов и соискателей и 5 студентов.

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

Руководитель - академик В.Б.Тимофеев. НОЦ создан во исполнение решения Ученого совета ИФТТ РАН от 13 апреля 2009 года (протокол №7) и приказа по ИФТТ РАН от 24.04.2009 №48-1252. В составе НОЦ: 9 молодых кандидатов наук (до 35 лет), 4 аспирантов и 12 студентов.

3. НОЦ «Исследование сильных корреляций в электронном газе в твердых телах». Руководитель - д.ф.-м.н. В.Т.Долгополов. НОЦ создан во исполнение решения Ученого совета ИФТТ РАН от 13 апреля 2009 года (протокол №7) и приказа по ИФТТ РАН от 18.05.2009 №52-1252. В составе НОЦ: 5 молодых кандидатов наук (до 35 лет), 4 аспиранта и соискателя и 7 студентов.

4. НОЦ «Металлические наноматериалы: получение, структура, свойства»

Руководитель - проф. А.С.Аронин. НОЦ создан во исполнение решения Ученого совета ИФТТ РАН от 15 февраля 2010 года (протокол №2) и приказа по ИФТТ РАН от 12.03.2010 №14-1252. В составе НОЦ: 4 молодых кандидата наук (до 35 лет), 3 аспиранта и 5 студентов.

5. НОЦ «Получение и исследование кристаллических материалов с особыми структурой и свойствами». Руководитель - д.ф.-м.н. Б.Б.Страумал. НОЦ создан во исполнение решения Ученого совета ИФТТ РАН от 13 апреля 2009 года (протокол №7) и приказа по ИФТТ РАН от

18.05.2009 №49-1252. В составе НОЦ: 2 молодых кандидата наук (до 35 лет), 4 аспирантов и соискателей и 5 студентов.

5.

6. НОЦ «Жаропрочные материалы»

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

В Институте успешно работает Совет молодых ученых. Председатель Совета молодых ученых и специалистов – Терещенко Алексей Николаевич, научный сотрудник, кандидат физико-математических наук.

В 2016 году двум молодым научным сотрудникам ИФТТ РАН: Кононову Артему Александровичу и Прохорову Дмитрию Владимировичу были присуждены стипендии имени Ю.А.Осипьяна за работы

- «Исследование транспорта между металлом с макроскопическим параметром порядка и двойной InAs/GaSb квантовой ямой» (А.А.Кононов),

«Исследование закономерности формирования структуры и механических свойств жаропрочности многослойных легированных композитов на основе системы Nb-Al, полученных методом диффузионной сварки» (Д.В.Прохоров)

Выставочная и инновационная деятельность

ОТЧЕТ ИННОВАЦИОННО-ПАТЕНТНОГО ОТДЕЛА ЗА 2016г.

Выставочная и инновационная деятельность за 2016г.

1. 9-ая Международная специализированная выставка «Композит-Экспо» (17.02.2016г. – 19.02.2016г.), г. Москва, МВЦ «Крокус Экспо».

2. 11-ая Международная специализированная выставка «Фотоника. Мир лазеров-2016» (14.03.2016г. – 17.03.2016г.), г. Москва, ЦВК «Экспоцентр».
3. 19-ая Международная выставка электронных компонентов, модулей и комплектующих «ЭкспоЭлектроника - 2016» (15.03.2016г. – 17.03.2016г.), г. Москва, МВЦ «Крокус Экспо».
4. XIX Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий «Архимед-2016» (29.03.2016г. – 01.04.2016г.), г. Москва, КВЦ «Сокольники».
5. XI Всероссийский Конгресс «Экономико-правовое регулирование инновационной деятельности 2016 Весна» (18.04.2016г. – 19.04.2016г.), г. Москва, отель «Балчуг Кемпински Москва».
- 6.VIII Форум по интеллектуальной собственности «Expropriority - 2016» и конференция (27.04.2016г.), г. Москва, ЦВК «Экспоцентр».
7. Международный военно-технический форум «Армия-2016» и Международная выставка «Интеллектуальные промышленные технологии» (06.09.2016г. – 11.09.2016г.), Московская обл., г. Кубинка, КВЦ «Патриот».
8. Международная специализированная выставка «Импортозамещение -2016» (13.09.2016г. – 15.09.2016г.), г. Москва, МВЦ «Крокус Экспо».
9. 19-ая Международная специализированная выставка химической промышленности и науки «Химия-2016» (19.09.2016г. – 23.09.2016г.), г. Москва, ЦВК «Экспоцентр».
10. IX Фестиваль науки (07.10-09.10.2016г.), Шуваловский корпус МГУ, г. Москва
11. 13-ая Международная выставка компонентов и систем силовой электроники «Power Electronics – 2016» и семинар в рамках научно-деловой программы выставки (25.10.2016г. – 27.10.2016г.), г. Москва, МВЦ «Крокус Экспо».
12. Международная выставка «Оборудование и технологии обработки конструкционных материалов – «Технофорум-2016» и конференция

«Имтех: инновационные материалы и технологии». (24.10.2016-27.10.2016г.), г. Москва, ЦВК «Экспоцентр».

13. Научно-практическая конференция «Научное приборостроение – современное состояние и перспективы развития». Выставка приборов и оборудования, разработанных и производимых организациями, подведомственных ФАНО России. (15.11.2016-16.11.2016г.), г. Москва, Ленинский проспект, 32а

Награды за инновационную деятельность (на выставках, форумах, салонах инноваций и инвестиций, конференциях и т.д.) за 2016 год:

1. Диплом ИФТТ РАН за участие и представленную разработку «Композитные материалы для применения в несущих конструкциях транспортных средств и энергетических установках». (Авторы: Милейко С.Т., Кийко В.М., Колчин А.А.), «Композит-Экспо», февраль 2016 г., Москва, МВЦ «Крокус Экспо».

2. Диплом ИФТТ РАН за участие и представленную разработку «Биоморфные карбидокремниевые композитные материалы для конструкционных применений». (Авторы: Ершов А. Е., Курлов В. Н.), «Композит-Экспо», февраль 2016 г., Москва, МВЦ «Крокус Экспо».

3. Диплом Милейко Сергею Тихоновичу за представленный на 9-й научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития производства и использования композитных материалов в России», проводимой в рамках выставки «Композит-Экспо» доклад «Композиты с металлической матрицей: вчера, сегодня, завтра», «Композит-Экспо», февраль 2016г., г. Москва, МВЦ «Крокус Экспо».

4. Диплом ИФТТ РАН за участие в 11-й Международной специализированной выставке «Фотоника. Мир лазеров-2016», март 2016г., г. Москва, МВЦ «Крокус Экспо».

5. Диплом ИФТТ РАН за представленную разработку «Фотонные кристаллы в форме сферических микрочастиц» на 11-й Международной специализированной выставке «Фотоника. Мир лазеров-2016». (Авторы:

А.А. Жохов, В.М. Масалов, Н.С. Сухина, Д.В. Матвеев, П.В. Долганов, Г.А. Емельченко), март 2016г., г. Москва, МВЦ «Крокус Экспо».

6. Диплом ИФТТ РАН за разработку «Маломасштабный образец батареи твердооксидных топливных элементов планарной конструкции мощностью 40-50 Ватт для энергоустановок будущего различного назначения». (Авторы: С.И. Бредихин, Д.А. Агарков, Н.В. Бурмистров, Н.В. Деменева, Д.В. Матвеев, Ю.С. Федотов, В.В. Хартон), 19-ая Международная выставка «ЭкспоЭлектроника 2016», март 2016г., г. Москва, МВЦ «Крокус Экспо».

7. Диплом ИФТТ РАН за разработку «Неорганические преобразователи ультрафиолетового излучения в видимый свет на основе литиевооборотного стекла». (Авторы: В.В. Сеницын, Б.С. Редькин, В.И. Орлов, Н.Н. Колесников), 19-ая Международная выставка компонентов, модулей и комплектующих «ЭкспоЭлектроника», март 2016г., г. Москва, МВЦ «Крокус Экспо».

8. Сертификат участника Международной выставки «ЭлектронТехЭкспо», март 2016г., г. Москва, МВЦ «Крокус Экспо».

9. Диплом и Золотая Медаль Института за разработку «Композиция углеродной заготовки для получения SiC/C/Si керамики и способ получения SiC/C/Si изделий». (Авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Шикунов С.Л.), XIX Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий «Архимед-2016», март-апрель 2016 г., г. Москва, КВЦ «Сокольники».

10. Диплом и Золотая Медаль Института за разработку «Контактный электродный материал для батарей твердооксидных топливных элементов и способ его получения». (Авторы: Деменева Н.В., Бредихин С.И., Иванов А.И., Матвеев Д.В., Хартон В.В.), XIX Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий «Архимед-2016», март-апрель 2016г., г. Москва, КВЦ «Сокольники».

11. Диплом и Золотая Медаль ИФТТ РАН за разработку «Новые биоморфные керамические композиционные материалы и изделия из них».

Автор: Ершов А.Е. XIX Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий «Архимед-2016», март-апрель 2016г., г. Москва, КВЦ «Сокольники».

12. Диплом и Серебряная Медаль ИФТТ РАН за разработку «Холодный катод для низкотемпературных исследований». (Авторы: Левченко А.А., Котов Ю.В., Борисенко Д.Н., Колесников Н.Н.), XIX Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий «Архимед-2016», март-апрель 2016г., г. Москва, КВЦ «Сокольники».

13. Диплом ИФТТ РАН за активное участие в организации и проведении Салона. XIX Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий «Архимед-2016», март-апрель 2016г., г. Москва, КВЦ «Сокольники».

14. Почетный Диплом участнику конкурса «Инновационный потенциал молодежи Москвы» - Ершову А.Е. за проект «Новые биоморфные керамические композиционные материалы и изделия из них». XIX Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий «Архимед-2016», март-апрель 2016г., г. Москва, КВЦ «Сокольники».

15. Диплом ИФТТ РАН за участие в Международном военно-техническом форуме «Армия -2016». Международный военно-технический форум «Армия-2016» и Международная выставка «Интеллектуальные промышленные технологии», сентябрь 2016г., Московская обл., г. Кубинка, КВЦ «Патриот».

16. Диплом Милейко С.Т. за лучший доклад на мероприятии научно-деловой программы Международного военно-технического форума «Армия-2016». Международный военно-технический форум «Армия-2016» и Международная выставка «Интеллектуальные промышленные

технологии», сентябрь 2016г., Московская обл., г. Кубинка, КВЦ «Патриот».

17. Диплом Шикунову С.Л. за лучший доклад на мероприятии научно-деловой программы Международного военно-технического форума «Армия-2016» (докладчик Ершов А.Е.). Международный военно-технический форум «Армия-2016» и Международная выставка «Интеллектуальные промышленные технологии», сентябрь 2016г., Московская обл., г. Кубинка, КВЦ «Патриот».

18. Диплом участнику Международной специализированной выставки «Импортозамещение -2016» ИФТТ РАН за разработку: «Батареи твердооксидных топливных элементов мощностью до 500 Ватт для отечественных высокоэффективных энергоустановок». (Авторы: Бредихин С.И., Д.А. Агарков, И.Н. Бурмистров, Н.В. Деменова, Д.В. Матвеев, Ю.С. Федотов, В.В. Хартон). Международная специализированная выставка «Импортозамещение -2016», сентябрь 2016г., г. Москва, МВЦ «Крокус Экспо».

19. Диплом участнику Международной специализированной выставки «Импортозамещение -2016» ИФТТ РАН за разработку: «Разработка стандартного образца для обеспечения единства оптических измерений дзета-потенциала». (Авторы: Масалов В.М., Аленичев М.К., Сухинина Н.С., Шмыткова Е.А., Левин А.Д., Емельченко Г.А.). Международная специализированная выставка «Импортозамещение -2016», сентябрь 2016г., г. Москва, МВЦ «Крокус Экспо».

20. Диплом ИФТТ РАН за участие в Международной специализированной выставке «Импортозамещение -2016», сентябрь 2016г., г. Москва, МВЦ «Крокус Экспо».

21. Диплом ИФТТ РАН за участие 19-ой Международной специализированной выставке химической промышленности и науки «Химия-2016», сентябрь 2016г., г. Москва, ЦВК «Экспоцентр».

22. Диплом Носковой В.А. - финалисту X конкурса проектов молодых ученых в рамках Международной специализированной выставки

химической промышленности и науки «Химия-2016». 19-ая Международная специализированная выставка химической промышленности и науки «Химия-2016», сентябрь 2016г., г. Москва, ЦВК «Экспоцентр».

23. Диплом Васину А.А. - финалисту X конкурса проектов молодых ученых в рамках Международной специализированной выставки химической промышленности и науки «Химия-2016». 19-ая Международная специализированная выставка химической промышленности и науки «Химия-2016», сентябрь 2016г., г. Москва, ЦВК «Экспоцентр».

24. Диплом ИФТТ РАН за участие в IX Фестивале науки., октябрь 2016г., Шуваловский корпус МГУ, г. Москва

25. Диплом Агаркову Д.А. за актуальный доклад на семинаре «Силовая электроника для альтернативной энергетики». 13-ая Международная выставка компонентов и систем силовой электроники «Power Electronics – 2016» и семинар в рамках научно-деловой программы выставки, октябрь 2016г., г. Москва, Крокус Экспо.

26. Диплом Агаркову Д.А. - победителю конкурса (1 место) - «Лучшие разработки молодых исследователей и инженеров для силовой электроники» в номинации «Системы электроэнергетики на основе возобновляемых источников». 13-ая Международная выставка компонентов и систем силовой электроники «Power Electronics – 2016» , октябрь 2016г., г. Москва, Крокус Экспо.

Патентно-инновационная деятельность

А. Получено патентов 14:

На изобретение РФ 9:

1. №2572245 «Холодный катод», авторы: Левченко А.А., Котов Ю.В., Борисенко Д.Н., Колесников Н.Н., приоритет: 22.10.2014, зарегистрирован: 07.12.15, опубликован: 10.01.16

2. №2573146 «Композиция углеродной заготовки для получения Si/C/Si керамики и способ получения Si/C/Si изделий», авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Шикунов С.Л., приоритет: 24.12.14, зарегистрирован: 17.12.15, опубликован: 20.01.16
3. №2576439 «Способ изготовления высокотемпературного фильтрующего материала для агрессивных жидкостей и газов», автор: Брантов С.К., приоритет: 03.02.15, зарегистрирован: 05.02.16, опубликован: 10.03.16
4. №2583967 «Фотохромное люминесцентное стекло», авторы: Редькин Б.С., Сеницын В.В., Колесников Н.Н., Орлов В.И., приоритет: 05.05.15, зарегистрирован: 15.04.16, опубликован: 10.05.16
5. №2585634 «Способ увеличения размеров алмазов», авторы: Брантов С.К., Борисенко Д.Н., приоритет: 06.07.15, зарегистрирован: 06.05.16, опубликован: 27.05.16
6. №2588534 «Трещиностойкие волокнистые керамические композиты», авторы: Милейко С.Т., Колчин А.А., Кийко В.М., Толстун А.Н., Новохатская Н.И., приоритет: 12.02.15, зарегистрирован: 06.06.16, опубликован: 27.06.16
7. №2601049 «Способ нанесения газоплотного покрытия из карбида кремния», авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Шикунов С.Л., Ершов А.Е., приоритет: 29.04.15, зарегистрирован: 06.10.16, опубликован: 27.10.16
8. № 2601335 «Способ нанесения массивов углеродных нанотрубок на металлические подложки», авторы: Борисенко Д.Н., Гартман В.К., Колесников Н.Н., Левченко А.А., приоритет: 06.07.15, зарегистрирован: 10.10.16, опубликован: 10.11.16
9. №2601770 «Сапфировый терагерцовый фотонно-кристаллический волновод», авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Зайцев К.И., Юрченко С.О., Карасик В.Е., приоритет: 28.10.15, зарегистрирован: 14.10.16, опубликован: 10.11.16

На полезную модель 5:

1. №160313 «Гребенка термопар для измерения поля температур газового потока», авторы: Курлов В.Н., Шикунов С.Л., Ершов А.Е., Шикунова И.А., Сурмин Н.В., Тихомирова Е.В., Гришихин С.А., Тихонов Е.Г., Белякова Т.Б., приоритет: 03.06.15, зарегистрирован: 17.02.16, опубликован: 10.03.16
2. №161074 «Сцинтилляционный детектор на основе галогенидов редкоземельных металлов», авторы: Орлов А.Д., Классен Н.В., Кедров В.В., Шмурак С.З., Гасанов А.А., Чувилина Е.Л., приоритет: 16.12.15, зарегистрирован: 18.03.16, опубликован: 10.04.16
3. №161095 «Мембранно-электродный блок ТОТЭ», авторы: Агарков Д.А., Бредихин С.И., Бурмистров И.Н., Кведер В.В., Цыбров Ф.М., приоритет: 17.09.15, зарегистрирован: 21.03.16, опубликован: 10.04.16
4. № 165785 «Устройство для исследования электрохимических и оптических характеристик ТОТЭ», авторы: Агарков Д.А., Бредихин С.И., Бурмистров И.Н., Тартаковский И.И., Цыбров Ф.М., приоритет: 17.09.15, зарегистрирован: 14.10.16, опубликован: 10.11.16
5. № 165789 «Высокотемпературный термозонд для измерений в газовом потоке», авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Шикунов С.Л., Ершов А.Е., приоритет: 29.03.16, зарегистрирован: 14.10.16, опубликован: 10.11.16

Б. Подано 11 заявок на получение патентов на изобретения РФ 7:

1. №2016109162 «Состав электрода накопителя электроэнергии», автор: Брантов С.К., приоритет: 14.03.16
2. № 2016111552 «Способ получения опорных плит для обжига керамических изделий», автор: Брантов С.К., приоритет: 28.03.16
3. № 2016112843 «Способ получения кремниевых мишеней для магнетронного распыления», Брантов С.К., Борисенко Д.Н., приоритет: 04.04.16

4. № 2016116129 «Способ получения нагревателей сопротивления на основе углеродкарбидокремниевого материала», автор: Брантов С.К., приоритет: 25.04.2016

5. № 2016122435 «Способ изготовления изделия с фильтром для агрессивных жидкостей и газов», авторы: Брантов С.К., Борисенко Д.Н., Тимонина А.В., приоритет: 06.06.16

6. №2016141698 «Модулятор электромагнитного излучения субтерагерцового и терагерцового диапазона для систем высокоскоростной беспроводной связи», авторы: Кукушкин И.В., Соболев А.С., Соловьев В.В., Фортунатов А.А., Цыдынжапов Г.Э., приоритет: 24.10.16

7. №2016144599 «Способ получения сульфида галлия (II)», авторы: Колесников Н.Н., Борисенко Д.Н., Борисенко Е.Б., Тимонина А.В., приоритет: 14.11.16

на полезную модель 4:

1. №2016103176 «Устройство для получения термически расщепленного графита», автор: Брантов С.К., приоритет: 01.02.16

2. №2016111775 «Высокотемпературный термозонд для измерений в газовом потоке», авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Шикунов С.Л., Ершов А.Е., приоритет: 29.03.16

3. № 2016122131 «Радиационный детектор с пространственным разрешением», авторы: Орлов А.Д., Классен Н.В., Шмурак С.З., Канцеров В.А., Дубинин Ф.А., Перейма Д.Ю., Бердникова А.К., приоритет: 03.06.16

4. №2016126899 «Устройство для повышения эффективности двигателя внутреннего сгорания», авторы: Брантов С.К., Борисенко Д.Н., приоритет: 04.07.16

С. Получены положительных решений по заявкам :

Получено положительных решений по заявкам 12:

на изобретения РФ 7:

1. №2015103574 «Способ изготовления высокотемпературного фильтрующего материала для агрессивных жидкостей и газов», автор: Брантов С.К., приоритет: 03.02.15, положительное решение: 12.01.16
 2. №2015117028 «Фотохромное люминесцентное стекло», авторы: Редькин Б.С., Синицын В.В., Колесников Н.Н., Орлов В.И., приоритет: 05.05.15, положительное решение: 17.03.16
 3. № 2015127158 «Способ увеличения размеров алмазов», авторы: Брантов С.К., Борисенко Д.Н., приоритет: 06.07.15, положительное решение: 01.04.16
 4. №2015104724 «Трещиностойкие волокнистые керамические композиты», авторы: Милейко С.Т., Колчин А.А., Кийко В.М., Толстун А.Н., Новохатская Н.И., приоритет: 12.02.15, положительное решение: 19.04.16
 5. № 2015127162 «Способ нанесения массивов углеродных нанотрубок на металлические подложки», авторы: Борисенко Д.Н., Гартман В.К., Колесников Н.Н., Левченко А.А., приоритет: 06.07.15, положительное решение: 02.09.16
 6. №2015116407 «Способ нанесения газоплотного покрытия из карбида кремния», авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Шикунов С.Л., Ершов А.Е., приоритет: 29.04.15, положительное решение: 08.09.16
 7. №2015146534 «Сапфировый терагерцовый фотонно-кристаллический волновод», авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Зайцев К.И., Юрченко С.О., Карасик В.Е., приоритет: 28.10.15, положительное решение: 15.09.16
- на полезную модель 5:
1. №2015139540 «Мембранно-электродный блок ТОТЭ», авторы: Агарков Д.А., Бредихин С.И., Бурмистров И.Н., Кведер В.В., Цыбров Ф.М., приоритет: 17.09.15, положительное решение: 12.02.16
 2. №2015153949 «Сцинтилляционный детектор на основе галогенидов редкоземельных металлов», авторы: Орлов А.Д., Классен Н.В., Кедров

В.В., Шмурак С.З., Гасанов А.А., Чувиллина Е.Л., приоритет: 16.12.15, положительное решение: 18.02.16

3. №2015139539 «Устройство для исследования электрохимических и оптических характеристик ТОТЭ», авторы: Агарков Д.А., Бредихин С.И., Бурмистров И.Н., Тартаковский И.И., Цыбров Ф.М., приоритет: 17.09.15, положительное решение: 05.09.16

4. №2016111775 «Высокотемпературный термозонд для измерений в газовом потоке», авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Шикунев С.Л., Ершов А.Е., приоритет: 29.03.16, положительное решение 15.09.16

5. №2016103176 «Устройство для получения термически расщепленного графита», автор: Брантов С.К., приоритет: 01.02.16, положительное решение: 24.10.16

Список патентов, поддерживаемых в силе в 2016 году:

1. Свидетельство на товарный знак №64336, получен: 14.04.1978 г.

2. №2456712 «Источник белого света», Редькин Б.С., Синицин В.В., Кведер В.В., Колесников Н.Н., Понятовский Е.Г., Шмурак С.З., Киселев А.П., приоритет: 02.03.11, зарегистрирован 20.07.12

3. №2464336 «Жаропрочный дисперсно-упрочненный сплав на основе ниобия и способы его получения», авторы: Коржов В.П., Карпов М.И., Прохоров Д.В., приоритет: 24.05.11, зарегистрирован: 20.10.12

4. №2465376 «Способ получения наноалмазов», Брантов И.М., Шмытько И.М., Борисенко Д.Н., приоритет: 09.06.11, зарегистрирован: 27.10.12

5. №2465566 «Образец для инфракрасной спектроскопии и способ его приготовления», Фурсова Т.Н., Баженов В.А., приоритет: 09.06.11, зарегистрирован: 27.10.12

6. №2465694 «Электропроводное защитное металлическое покрытие токового коллектора и способ его нанесения», Ледуховская Н.В., Струков Г.В., Бредихин С.И., приоритет: 09.06.11, зарегистрирован: 27.10.12

7. №2469119 «Жаропрочный материал на основе ниобия и способы его получения», Карпов М.И., Коржов В.П., Прохоров Д.В., приоритет: 24.05.11, зарегистрирован 10.12.12
8. №2469115 «Способ электронно-лучевой выплавки изделия из тугоплавкого металла или сплава и устройство для его осуществления», Семенов В.Н., Ломейко В.В., Карпов М.И., Внуков В.И., Желтякова И.С., Коржов В.П., Колобов Ю.Р., Голосов Е.В., приоритет: 24.05.11, зарегистрирован 10.12.12
9. ПМ №115507 «Полупроводниковый детектор ионизирующих излучений», авторы: Колесников Н.Н., Борисенко Д.Н., Борисенко Е.Б., Тимонина А.В., приоритет: 12.08.2011, зарегистрирован: 27.04.12
10. ПМ №116083 «Развертка для выполнения многоступенчатых отверстий», авторы: Колесников Н.Н., Борисенко Д.Н., Берзигиярова Н.С., Горячев А.Н., приоритет: 12.08.2011, положительное решение 10.05.12
11. №2471268 «Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе магний-оксид магния», авторы: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., приоритет: 07.12.11, зарегистрирован: 27.12.12
12. №2471269 «Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе алюминий-оксид алюминия», авторы: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., приоритет: 07.12.11, зарегистрирован: 27.12.12
13. №2471268 «Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе магний-оксид магния», авторов: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., приоритет: 07.12.11, зарегистрирован: 27.12.12
14. №2471269 «Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе алюминий-оксид алюминия», авторов: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., приоритет: 07.12.11, зарегистрирован: 27.12.12

15. №2471706 «Устройство для получения массивов углеродных нанотрубок на металлических подложках», Колесников Н.Н., Борисенко Д.Н., Левченко А.А. приоритет: 09.06.11, зарегистрирован: 10.01.13
16. №2485217 «Способ получения монокристаллов теллурида галлия (II)», авторы: Колесников Н.Н., Борисенко Д.Н., Борисенко Е.Б., приоритет: 29.03.12, зарегистрирован: 20.06.13
17. №2485218 «Способ получения кристаллов вольфрамата натрия-висмута», авторы: Редькин Б.С., Колесников Н.Н., Борисенко Д.Н., приоритет: 29.03.12, зарегистрирован: 20.06.13
18. №2496442 «Крионаконечник с сапфировым хладопроводом-облучателем», авторы: Межов-Деглин Л.П., Курлов В.Н., Шикунова И.А., Макова М.К., Лохов А.В., приоритет: 12.12.11, зарегистрирован: 27.10.13
19. №2504801 «Устройство для визуализации электрических полей СВЧ в пространстве», авторы: Карпов И.А., Шу Э.Д., Мерзляков Г.В., Трунин М.Р., приоритет: 13.06.12, зарегистрирован: 20.01.14
20. №2510248 «Способ удаления опухолей мозга с выделением границ опухоли флуоресцентной диагностикой с одновременной лазерной коагуляцией и аспирацией и устройство для его осуществления», авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Киселев А.М., Есин И.В., приоритет: 23.04.12, зарегистрирован: 27.03.14
21. №2519094 «Способ эксфолиации слоистых кристаллических материалов», авторы: Орлов В.И., Колесников Н.Н., Борисенко Е.Б., Борисенко Д.Н., приоритет: 12.02.13, зарегистрирован: 14.04.14
22. №2520480 «Способ получения слоев карбида кремния», автор: Брантов С.К. приоритет: 12.02.13, зарегистрирован: 25.04.14
23. №2521581 «Способ получения наноалмазов при пиролизе метана в электрическом поле», автор: Брантов С.К., приоритет: 03.08.12, зарегистрирован: 06.05.14
24. №2536327 «Генератор субтерагерцового и терагерцового излучения на основе оптического транзистора», автор: Соловьев В.В., приоритет: 12.03.13, зарегистрирован: 22.10.14

25. ПМ №138570 «Устройство ввода излучения в сапфировое волокно», авторы: Стрюков Д.О., Шикунова И.А., Курлов В.Н., приоритет: 03.11.13, зарегистрирован: 19.02.14
26. ПМ №144220 «Устройство для преобразования ионизирующих излучений в электрическую энергию», авторы: Ершов А.Е., Классен Н.В., Курлов В.Н., приоритет: 11.02.14, зарегистрирован: 09.07.14
27. ПМ №144472 «Высокотемпературный терморезистор», авторы: Брантов С.К., Ефремов В.С., приоритет: 01.04.14, зарегистрирован: 18.07.14
28. №2540668 «Способ получения пластин на основе карбида кремния», автор: Брантов С.К., приоритет: 11.12.13, зарегистрирован: 22.12.14
29. №2544940 «Люминесцентное литий - боратное стекло», авторы: Редькин Б.С., Сеницын В.В., Колесников Н.Н., приоритет: 04.02.14, зарегистрирован: 16.02.15
30. №2547758 «Ампула для выращивания кристаллов в условиях микрогравитации», авторы: Левченко А.А., Колесников Н.Н., Борисенко Д.Н., приоритет: 13.02.14, зарегистрирован: 16.03.15
31. №2552436 «Устройство для выращивания из расплава тугоплавких волокон со стабилизацией их диаметра», авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Стрюков Д.О., приоритет: 21.02.14, зарегистрирован: 06.05.15
32. №2568815 «Способ изготовления контактного электродного материала с контролируемой пористостью для батарей твердооксидных топливных элементов», авторы: Деменева Н.В., Бредихин С.И., Иванов А.И., Матвеев Д.В., Хартон В.В., приоритет: 28.10.14, зарегистрирован: 22.10.15
33. ПМ №153513 «Устройство для формирования сверхдлинных цепочек», авторы: Классен Н.В., Курлов В.Н., Провоторов П.В., Солодовников В.В., Ершов А.Е., приоритет: 24.12.14, зарегистрирован: 26.06.15

34. ПМ №154180 «Устройство прямого преобразования ионизирующих излучений в электричество», авторы: Классен Н.В., Провоторов П.В., Ершов А.Е., приоритет: 24.12.14, зарегистрирован: 21.07.15
35. ПМ №155461 «Устройство для непрерывного выращивания кристаллических слоев кремния», автор: Брантов С.К., приоритет: 17.03.15, зарегистрирован: 15.09.15
36. №2572245 «Холодный катод», авторы: Левченко А.А., Котов Ю.В., Борисенко Д.Н., Колесников Н.Н., приоритет: 22.10.2014, зарегистрирован: 07.12.15
37. №2573146 «Композиция углеродной заготовки для получения Si/C/Si керамики и способ получения Si/C/Si изделий», авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Шикунов С.Л., приоритет: 24.12.14, зарегистрирован: 17.12.15
38. ПМ №160313 «Гребенка термопар для измерения поля температур газового потока», авторы: Курлов В.Н., Шикунов С.Л., Ершов А.Е., Шикунова И.А., Сурмин Н.В., Тихомирова Е.В., Гришихин С.А., Тихонов Е.Г., Белякова Т.Б., приоритет: 03.06.15, зарегистрирован: 17.02.16
39. №2576439 «Способ изготовления высокотемпературного фильтрующего материала для агрессивных жидкостей и газов», автор: Брантов С.К., приоритет: 03.02.15, зарегистрирован: 05.02.16
40. ПМ №161074 «Сцинтилляционный детектор на основе галогенидов редкоземельных металлов», авторы: Орлов А.Д., Классен Н.В., Кедров В.В., Шмурак С.З., Гасанов А.А., Чувилина Е.Л., приоритет: 16.12.15, зарегистрирован: 18.03.16
41. ПМ №161095 «Мембранно-электродный блок ТОТЭ», авторы: Агарков Д.А., Бредихин С.И., Бурмистров И.Н., Кведер В.В., Цыбров Ф.М., приоритет: 17.09.15, зарегистрирован: 21.03.16
42. №2583967 «Фотохромное люминесцентное стекло», авторы: Редькин Б.С., Сеницын В.В., Колесников Н.Н., Орлов В.И., приоритет: 05.05.15, зарегистрирован: 15.04.16

43. №2585634 «Способ увеличения размеров алмазов», авторы: Брантов С.К., Борисенко Д.Н., приоритет: 06.07.15, зарегистрирован:06.05.16
44. №2588534 «Трещиностойкие волокнистые керамические композиты», авторы: Милейко С.Т., Колчин А.А., Кийко В.М., Толстун А.Н., Новохатская Н.И., приоритет: 12.02.15, зарегистрирован: 06.06.16
45. №2601049 «Способ нанесения газоплотного покрытия из карбида кремния», авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Шикунов С.Л., Ершов А.Е., приоритет: 29.04 15, зарегистрирован: 06.10.16
46. № 2601335 «Способ нанесения массивов углеродных нанотрубок на металлические подложки», авторы: Борисенко Д.Н., Гартман В.К., Колесников Н.Н., Левченко А.А., приоритет: 06.07.15, зарегистрирован:10.10.16
47. №2601770 «Сапфировый терагерцовый фотонно - кристаллический волновод», авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Зайцев К.И., Юрченко С.О., Карасик В.Е., приоритет: 28.10.15, зарегистрирован:14.10.16
48. ПМ №165785 «Устройство для исследования электрохимических и оптических характеристик ТОТЭ», авторы: Агарков Д.А., Бредихин С.И., Бурмистров И.Н., Тартаковский И.И., Цыбров Ф.М., приоритет: 17.09.15, зарегистрирован:14.10.16
49. ПМ №165789 «Высокотемпературный термозонд для измерений в газовом потоке», авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А., Шикунов С.Л., Ершов А.Е., приоритет: 29.03.16, зарегистрирован:14.10.16

Сведения по международной деятельности ИФТТ РАН в 2016 г.

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

Страна	Наименование темы научной работы в рамках безвалютного обмена	Срок командировки в	Период действия соглашения

		чел/дн.	
0	0	0	0

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
КНР	Договор «Соглашение о сотрудничестве в области научно-исследовательской деятельности» с Харбинским судостроительным инженерно-техническим институтом	0	2014-2018
Украина	Договор о сотрудничестве в проведении совместных исследований в области новых, в том числе нанокристаллических, материалов с ДонФТИ НАНУ (г.Донецк)	0	2011-2021
Украина	Договор о сотрудничестве в проведении совместных исследований в области новых, нанокристаллических материалов с Приазовским государственным техническим университетом г.Мариуполь	0	2012-2021
Азербайджан	Договор о научном сотрудничестве с Институтом физики НАНА «Экспериментальные исследования особенностей	0	2016-2017

	электронной системы в слоистых полупроводниках, а также в тонких пленках на их основе»		
Франция	Договор ИФТТ РАН –L'OREAL «Синтез компактных материалов и порошков из аморфных частиц диоксида кремния для использования в косметической и/или дерматологической продукции»	0	2016 - 2017
Польша	Договор о научном сотрудничестве с Институтом физической химии ПАН по теме «Взаимодействие водорода с металлами и сплавами при высоких давлениях»	0	2015-2018
Германия	Меморандум о намерениях с Университетом г. Вюрцбург о научном сотрудничестве по теме «Разработка полупроводниковых наноструктур и микрорезонаторов»	139	2015-2018
КНР	Соглашение о научном сотрудничестве с Центральным исследовательским институтом цветных металлов GRINM, Пекин	0	2011-2016
Германия	Соглашение о проведении фундаментальных исследований с лабораторией синхротронного излучения	61	2012-2017

	HASYLAB при немецком синхротронном микроскопе DESY		
Германия	Меморандум о сотрудничестве в области получения сверхпроводящих гибридных систем с физическим факультетом Технологического института Карлсруэ	0	2013-2016
Франция	Корпоративный договор о совместном руководстве в подготовке кандидатской диссертации с Университетом Пьера и Марии Кюри Париж VI «Атомарно-тонкие сверхпроводящие пленки для перспективных квантовых устройств»	0	2016-2019
США	Некоммерческий Договор Пользователя № NN-16-0972 с Компанией UT-BATTELLE, LLC, осуществляющей хозяйственное и оперативное управление Окриджской национальной лабораторией «Исследование гидрида α -MnH _{0.07} методом неупругого рассеяния нейтронов»		2016-2021

3. Участие в международных конференциях за рубежом

Страна	Название конференции	Даты конференции	Число делегатов	Финансовые условия (ПС-за счет принимающей стороны, РАН – из средств Программ РАН, РФФ-грант Российского научного фонда, ЦФ-централизованный фонд, Х/Д-средства хоздоговора, Д-С договор-субсидия, Г-грант
Сингапур	2-й Ежегодный мировой конгресс «Умные материалы-2016»	02.03-08.03	1	РНФ, ПС
Индия	Международная конференция по нанотехнологиям ALIGARH NANO-V	10.03-17.03	1	РАН
Греция	Greek-Russian Workshop on Quantum Technologies	31.03-02.04	1	ПС
Япония	17-я Международная конференция «Physics of Light-Matter Coupling in Nanostructures, PLMCN17»	26.03-01.04	1	РНФ
Швеция	Международный семинар по высокочастотной сверхпро-	09.04-17.04	2	РАН, ПС

	водящей электронике			
Польша	5-th International Workshop on Directionally Solidified Eutectic Ceramics, DSEC V	03.04-09.04	1	РФФИ МО
Япония	Международная конференция «Recent Development in 2D Systems:2016»	05.04-10.04	1	ПС
Молдова	Симпозиум стран СНГ	10.05-14.05	1	ПС
Испания	Международная конференция «Solitons and Skyrmion Magnetism»	25.06-03.07	1	РНФ
Греция	Международный семинар «Quantum Metamaterials & Quantum Technology»	19.06-27.06	1	РНФ, ПС
Португалия	5-я Международная конференция «Integrity, Reliability & Failure, IRF2016»	23.07-30.07	1	РНФ
Канада	Международная конференция НТСМС-9	25.06-03.07	1	РНФ
Черногория	IV-Международная конференция «Новые функциональные материалы и высокие технологии», NFMHT-2016	03.07-10.07	1	РАН
Финляндия	17-я Международная конференция «Квантовые Кристаллы»	17.08-24.08	5	х/д, ПС
Германия	54-th European High Pressure Research Group International Meeting on High Pressure Science and Technology, EHPRG-2016	04.09-09.09	1	РАН
Литва	12-th International	03.07-07.07	1	Г

	Symposium on Systems with Fast Ionic Transport (ISSFIT-12)			
Франция	Международная конференция Extended Defects in Semiconductors (EDS-2016)	24.09-30.09	1	ЦФ, ПС
Франция	Международная конференция IMPACT-2016	23.08-02.09	1	РАН
Германия	Международное совещание по нанооптоэлектронике	31.07-05.08	1	РНФ, ПС
Словения	11-я международная конференция по новым теориям, открытиям и приложениям в сверхпроводимости и связанным с ней материалами	11.09-16.09	1	РАН
Япония	Международная конференция Asian SOFC-2016	02.09-09.09	4	Договор-субсидия
Великобритания	Международная конференция SPIE Security+ Defence Symposium	26.09-30.09	1	ПС
Белоруссия	Международная конференция ICONO/LAT2016	26.09-30.09	1	РАН
Германия	Международная конференция «Trends in Mesoscopic Superconductivity»	14.11-20.11	2	РНФ, ПС
Тайвань	1-я Международная конференция «High-Entropy Materials (ICHEM 2016)»	04.11-11.11	1	РНФ
Индия	Азиатская конференция по ионике твердого тела	26.11-01.12	1	х/д
Египет	Международная конференция «Modern Trends in Physics Research-2016»	16.12-22.12	2	РАН

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

Института

Наименование мероприятия	Даты проведения
1. IX Международная конференция "Фазовые превращения и прочность кристаллов" ФППК-2016, посвященная памяти Г.В.Курдюмова	07.11.16-11.11.16, Черноголовка
2. XV International Conference on Intergranular and Interphase Boundaries in Materials, iib2016	23.05.16-27.05.16, Москва

5.Участие в международных программах

Название программы	Период действия
РФФИ-Италия №15-52-78023 «Управление коррелированным транспортом и локализацией в низкоразмерных электронных системах со спин-орбитальным взаимодействием».	2015-2016
Европейские Комиссии (грант консорциума PIRSES-GA-2013-612552-Седьмая Рамочная программа, тема «Экспериментальное исследование и моделирование наномасштабных твердотельных реакций с высоким технологическим воздействием»)	2014-2017
Проект РФФИ №16-42-01050 и грант партнера Института твердотельной электроники им.Пауля Друде №КО4005/5-1 LU819/10-1, Германия, Берлин, по теме: «Неравновесные явления и взаимодействия в ультратонких III-V нанопроводах»	2016-2017

6. Стажировки и прием иностранных ученых

Стажировки российских ученых (кол-во)	Стажировки зарубежных ученых (кол-во)	Принято иностранных ученых (кол-во)
0	0	15

7.Сведения об избрании академиков и членов-корреспондентов, работающих в Институте, иностранными членами академий наук, почетными докторами университетов, научных обществ зарубежных

стран, а также о награждении их международными премиями, орденами и медалями.

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

8.Дополнительные сведения.

8.1.Количество зарубежных командировок сотрудников института – 68
из них за счет принимающей стороны – 25,
частично за счет принимающей стороны – 13

8.2.Количество зарубежных командировок директора института,
оформленных в ИФТТ РАН (общая продолжительность в днях) – 2 (22
дн.)

Справка по штатному состоянию на 31 декабря 2016 г.

Количество сотрудников	2015 год	2016 год
Сотрудники ИФТТ	458	
Совместители	38	
в том числе научные сотрудники	10	
Научные сотрудники	212	
в том числе:		
доктора наук	56	
кандидаты наук	113	

Молодые специалисты, принятые в ИФТТ	6	
--------------------------------------	---	--

Финансовая справка на 1 декабря 2016 года в тыс. руб.

Доходы за 12 месяцев, всего (тыс. руб.)	427105.10	100%
Бюджетное финансирование: Госзадание	192667.90	45.1
Программы РАН	9838	2.3
Целевые ФАНО	10664.60	2.5
РФФИ	46850	11
Миннауки (субсидии на грант)	64400	15.1
Финансирование из РНФ	43600	10.2
Получено по хоздоговорам	47388.50	11.1
Получено по международным контрактам	5191.50	1.2
Получено по коммерческой деятельности	3060.70	0.7
Аренда	3443.90	0.8
Расходы за 11 месяцев, всего	356440.50	100%
Заработная плата	171676	48.2
Начисления на заработную плату	42874.40	12.0
Выплаты из ФМП	5667.40	1.6
Коммунальные платежи	18401.70	5.2
Научная работа (материалы, приборы и т.п.)	90780	25.5
Прочие расходы (канц., связь, ремонт)	26409	7.4
Оборудование	632	0.2