

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

**ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ И НАУЧНО-  
ОРГАНИЗАЦИОННОЙ РАБОТЕ ЗА 2012 ГОД**

**Директор ИФТТ РАН  
Член-корреспондент РАН**

**Кведер В.В.**

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

**Абросимова Г.Е.**

Содержание	стр.	№
Характеристика научной деятельности ИФТТ РАН в 2012 году	3	
Важнейшие научные достижения ИФТТ РАН в 2012 году	5	
Научные результаты, полученные в ИФТТ РАН в 2012 году:	7	
Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости	7	1-17
Физическое материаловедение: новые материалы и структуры, в том числе фуллерены, нанотрубки, графены, другие наноматериалы, а также метаматериалы	44	18-31
Современные проблемы радиофизики и акустики, в том числе фундаментальные основы радиофизических и акустических методов связи, локации и диагностики, изучение нелинейных волновых явлений	60	32
Научные и научно-технологические разработки, финансируемые за счет внебюджетных источников	62	1- 119
Основные результаты и разработки, готовые к практическому применению	138	
Характеристика научно-организационной деятельности ИФТТ РАН в 2012 году	138	
Научно-образовательная деятельность	139	
Патентно-инновационная деятельность	143	
Характеристика международных связей ИФТТ РАН	157	
Сотрудники института на 1 декабря 2012 г.	171	
Доходы и расходы на 1 декабря 2012 г.	171	

## **Характеристика научной деятельности ИФТТ РАН в 2012 году**

В течение 2012 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 2012 г., основным направлениям (темам):

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

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

- Программы Мин.обр.науки – 14 контрактов;
- Программы РАН – 10 программ;
- Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ)

- и региональные РФФИ – 65 проектов;
- грант «Подготовка молодых ученых» - 3
  - грант Президента РФ «Поддержка молодых ученых» - 5
  - Программа поддержки "Ведущих научных школ" - 2 проекта;
  - РФФИ – молодые ученые – 5 проекта;
  - РФФИ – Израиль – 1 проект;
  - РФФИ – Беларусь – 1 проект;
  - РФФИ – НАНУ – 2 проекта;
  - РФФИ – ИЦНИ (PICS) – 2 проекта;
  - РФФИ – Англия – 1 проект;
  - контракты и договоры на выполнение НИР - 17 проекта;
  - международные контракты – 4.

По результатам исследований научными сотрудниками Института в 2012 году на заседаниях Ученого совета было сделано 49 докладов по статьям, направляемым в печать. Всего в 2012 году сотрудники института опубликовали 187 статей в реферируемых журналах (72 в Российских и 115 в иностранных) и сделали 252 доклада на конференциях (в том числе около 150 - на международных).

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

В 2012 году дирекция Института провела 48 заседаний, на которых было рассмотрено около 120 вопросов.



5	лазерной физики	<p>собственных частот хиральных квазидвумерных экситон-поляритонных систем в зависимости от числа заполнения конденсатной моды. В условиях резонансной оптической накачки с плавно меняющейся интенсивностью и постоянной поляризацией такой эффект приводит к инверсии спина оптического поля, происходящей пороговым образом на масштабе нескольких времен жизни поляритона (десятков пикосекунд). Чл.-корр. РАН В.Д.Кулаковский</p> <p>2. Обнаружены и исследованы свойства акустического краевого магнитоплазмона в системе двумерных электронов. Показано, что в режиме целочисленного квантового эффекта Холла край двумерной электронной системы имеет вид системы чередующихся сжимаемых и несжимаемых полосок. В этом случае краевой магнитоплазмон соответствует синфазным колебаниям электронной плотности в системе краевых каналов, а акустический краевой магнитоплазмон – противофазным колебаниям в соседних каналах. Показано, что количество акустических мод напрямую зависит от фактора заполнения и определяется количеством несжимаемых полосок на краю системы Чл.-корр. РАН И.В.Кукушкин</p>
6	10. Современные проблемы радиофизики и акустики (изучение нелинейных волновых явлений)	<p>1. При пропускании через нагреватель переменного электрического тока, в объеме He-II возникает температурная волна, представляющая собой переменный противоток нормальной и сверхтекучей компонент жидкости. При малых мощностях, выделяемых на нагревателе, на поверхности возникает поверхностная волна на частоте волны второго звука. При повышении амплитуды накачки на поверхности возбуждается дополнительная волна на половинной частоте. Наблюденные особенности обусловлены движением нормальной и сверхтекучей компонент под поверхностью жидкости, которое создает переменное гидростатическое давление, возбуждающее поверхностные колебания. Академик И.М. Халатников</p>

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

## **П.6**

**Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости**

1. Исследованы детали одночастичного спектра в узких кулоновских каналах (энергия квантования значительно превосходит температуру). Для случая, когда энергия Ферми заметно превосходит циклотронную энергию, получено аналитическое выражение для спектра. Во втором случае (энергия Ферми гораздо меньше циклотронной энергии) предложен соответствующий формализм расчета. Полученные результаты соответствуют экспериментальным результатам.

Изучена зависимость концентрации магнитных монополей от температуры. Показано, что с ростом температуры магнитное кулоновское взаимодействие между монополями может привести к скачкообразному росту их концентрации на несколько порядков. Этот фазовый переход I рода сопровождается также уменьшением на несколько порядков времен релаксации и может рассматриваться как плавление кулоновской фазы спинового льда. Приведена фазовая диаграмма, и найдена критическая точка.

Решена задача о джозефсоновском токе при учете разрушения пар вблизи границы раздела. Теоретически показано, что границы раздела, интенсивно разрушающие куперовские пары, можно экспериментально идентифицировать на основе измерения первой и второй гармоник джозефсоновского тока, а также тока распаривания в объеме сверхпроводников. Получены отличительные критерии, которым должно удовлетворять отношение первой и второй гармоник в изучаемом случае.

Изучены аномалии времени релаксации циклотрон-экситонных возбуждений с переворотом спина в неполяризованных по спину системах в условиях квантового эффекта Холла.

Исследованы закономерности образования полярных смектических фаз при фрустральном взаимодействии между молекулами жидкого кристалла.

Развита теория эффекта близости для плоской границы обычного грязного сверхпроводника и сильного ферромагнетика, в случае, когда квазиклассические уравнения сверхпроводимости не применимы в ферромагнетике. На этой основе изучен джозефсоновский ток через слабую связь нормальный металл/сильный ферромагнетик. Показано, что в общем случае джозефсоновский ток представляет собой сумму по различным поперечным модам с разными длинами затухания в области слабой связи.

РАН

Руководитель – д.ф.-м.н. В.Б. Шикин

**2.** В планарных GaAs микрорезонаторах исследована динамика формирования макрозаполненной поляритонной моды на дне поляритонной зоны и ее спиновой поляризации при квазирезонансном импульсном фотовозбуждении экситонов в области больших квазиимпульсов. Найдено, что с увеличением глубины поляритонной зоны происходит смена механизма формирования конденсатного состояния в  $k=0$  с прямого параметрического распада фотовозбуждаемой моды (за счет поляритон-поляритонного взаимодействия) на динамическую конденсацию поляритонов, которая происходит вследствие многочисленных рассеяний поляритонов как на фононах, так и на экситонах.

Исследована динамика конденсации поляритонов в микрорезонаторе на основе GaAs с высокой добротностью  $Q \sim 10000$  при нерезонансном межзонном фотовозбуждении пикосекундными импульсами. Обнаружено, что конденсат поляритонов формируется вследствие конденсации поляритонов из фотовозбуждаемого резервуара долгоживущих экситонов с большими квазиимпульсами,



формирующимся в течение нескольких пс после импульса возбуждения, при этом плотность поляритонов в конденсате растет в течение 50-80 пс после окончания импульса возбуждения, а затем уменьшается с эффективным временем порядка 25 пс.

На основании исследования корреляционной функции первого порядка,  $g(1)$ , поляритонной системы найдено, что когерентные свойства поляритонной системы сильно отличаются от ожидаемых для термодинамически равновесной системы как из-за конечного времени жизни поляритонов, так и из-за наличия резервуара фотовозбужденных экситонов, при этом длина когерентности в поляритонной системе может быть как меньше, так и больше длины когерентности в термодинамически равновесной системе.

РАН, Программа Президиума РАН «Квантовые мезоскопические и неупорядоченные системы»

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

Исследовано распространение экситон-поляритонного конденсата в высокодобротных ( $Q=10000$ ) GaAs/AlAs микрорезонаторах с GaAs квантовыми ямами в активной области. Найдено, что в условиях локального межзонного фотовозбуждения светом с диаметром луча 5-10 микрон образующийся конденсат поляритонов остается локализованным в потенциальных ловушках в области пятна возбуждения только при небольших плотностях возбуждения, превышающих критическую плотность для формирования конденсата,  $P^*$ , не более, чем в 1.5-2 раза. При дальнейшем увеличении плотности конденсата отталкивательные поляритон-поляритонное и поляритон-экситонное взаимодействия приводят к росту энергии поляритонов до величин, сравнимых с величиной потенциальных барьеров, и, как следствие, к открытию канала туннелирования поляритонов в соседние потенциальные ловушки. В исследованиях динамики излучения конденсата с высоким пространственным ( $\sim 3$  мкм) и временным ( $\sim 3$  пс) разрешениями найдено,

что при этом возникают спонтанные когерентные осцилляции плотности конденсата в соседних ловушках, свидетельствующие о том, что потенциальный барьер между двумя ловушками выступает в качестве джозефсоновского контакта. Период осцилляций лежит в области 10-20 пс и уменьшается с ростом плотности возбуждения. При этом осцилляции плотности конденсата в ловушках регистрируются в условиях импульсного фотовозбуждения с частотой 80 МГц, т.е. они оказываются в фазе для различных реализаций. Показано, что наблюдаемые осцилляции находят описание в рамках нестационарного эффекта Джозефсона с использованием двухмодовой модели.

Найдено, что повышение плотности локального фотовозбуждения до  $10\text{-}15\text{P}^*$  приводит к тому, что конденсат поляритонов, образующийся в области пятна возбуждения, вследствие усиления отталкивательного взаимодействия поляритонов, главным образом, с резервуаром фотовозбужденных долгоживущих экситонов растекается по нескольким ловушкам со скоростью, превышающей 1.5-2 мкм/пс, при этом осцилляции интенсивности излучения из различных ловушек оказываются неперiodическими и для их описания требуется многомодовая модель.

РАН, Программа фундаментальных исследований Президиума РАН № 24 «Фундаментальные Основы технологий наноструктур и наноматериалов»  
Руководитель – чл.-корр. РАН В.Д. Кулаковский

Исследованы когерентные свойства конденсата экситонных поляритонов в планарных AlGaAs/AlAs микрорезонаторах с GaAs квантовыми ямами в активной области с добротностью  $Q \sim 10000$  при импульсном пикосекундном нерезонансном фотовозбуждении при  $T < 15$  К. Найдено, что плотность поляритонов в конденсате растет в течение 50-80 пс после окончания импульса возбуждения, а затем уменьшается с эффективным временем порядка 25 пс. Из анализа распределения поляритонов в импульсном пространстве найдено, что при плотностях

возбуждения выше пороговой для образования конденсата, время энергетической релаксации поляритонов резко уменьшается и оказывается достаточным для охлаждения поляритонной системы до эффективных температур порядка 20 К, однако тепловое равновесие при этом не достигается.

С целью исследовать статистику света, излучаемого поляритонным конденсатом была измерена корреляционной функция излучения конденсата второго порядка,  $g^{(2)}$ , с высоким угловым разрешением  $3^\circ$ , что позволило регистрировать излучение поляритонов в основном состоянии конденсата и отсеять излучение надконденсатных частиц. Найдено, что статистика света, излучаемого поляритонным конденсатом, отличается от статистики света идеального когерентного состояния. В частности, величина  $g^{(2)}(0)$  для излучения конденсата поляритонов в отличие от лазерного излучения отлична от единицы. Предположено, что это отличие связано наличием в конденсате межчастичного поляритон-поляритонного взаимодействия.

РАН, Программа фундаментальных исследований Президиума РАН № 24 «Фундаментальные Основы технологий наноструктур и наноматериалов»  
Руководитель – к.ф.-м.н. А.В. Ларионов

Исследована фотолюминесценция пространственно-непрямых, диполярных экситонов в GaAs/AlGaAs квантовой яме шириной 25 нм в геометрии Фарадея в магнитном поле до 6Т, перпендикулярном гетерослоям. При накапливании диполярных экситонов в электростатической ловушке вблизи отверстия в затворе Шоттки на поверхности гетероструктуры обнаружена компенсация спинового (парамагнитного) расщепления в области полей меньше критического,  $B_c \approx 2$  Т. Эффект компенсации спинового расщепления обусловлен обменным взаимодействием в плотном экситонном бозе-газе в качественном соответствии с существующими теоретическими представлениями. До сих пор подавление зеемановского расщепления в

малых магнитных полях наблюдалось экспериментально только для экситонных поляритонов в микрорезонаторе. В области магнитных полей выше критического спиновое расщепление  $\sigma^+$ - и  $\sigma^-$ - циркулярно поляризованных компонент растет линейно по инкременту поля  $(B - B_c)$  с эффективным  $g$ -фактором  $g_x \approx -1.5$ .

При наличии в квантовой яме нескомпенсированных носителей заряда в области полей  $B < 0.5 \div 2$  Т наблюдается аномально большой, до 2-3 мэВ, синий сдвиг линии люминесценции непрямых экситонов, связанный с присутствием в отверстии заметной компоненты электрического поля  $E_{\parallel}$ , параллельной плоскости квантовой ямы. За счет действия скрещенных магнитного и электрического полей свободные носители выводятся из отверстия (вследствие эффекта Холла), и вблизи его центра достигается нейтральный зарядовый баланс, контролируемый по появлению в спектре “горячей” люминесценции линий экситона на легкой дырке и других неравновесных, фотовозбужденных состояний. В этих же условиях, т.е. в однородном перпендикулярном магнитном поле  $B_{\perp}$  и неоднородном аксиально-симметричном радиальном электрическом поле,  $E_r(r)$ , свободные и незаряженные экситоны совершают движение по кольцевым траекториям вокруг центра отверстия. В эксперименте для экситонов в кольцевой ловушке вблизи края отверстия в затворе Шоттки в магнитном поле наблюдается размытие характерных ярких пятен люминесценции в направлении вдоль периметра отверстия. Смешивание нижайшего энергетического состояния экситона с более высокими состояниями с большими угловыми моментами при «закручивании» экситонов в скрещенных электрическом и магнитном полях может объяснять обнаруженные необычно большую величину диамагнитного сдвига и отрицательный знак  $g$ -фактора экситона.

РАН, Программа фундаментальных исследований Президиума РАН № 24  
«Фундаментальные Основы технологий наноструктур и наноматериалов»

Руководитель – акад. РАН В.Б. Тимофеев

Выполнен теоретический анализ эффекта оптической мультистабильности плоских поляритонных систем в магнитном поле с учетом воздействия резервуара долгоживущих экситонов. Использована модель на основе модифицированных уравнений Гросса-Питаевского, в которой влияние резервуара учитывается феноменологически путем введения дополнительного нелинейного затухания при рассеянии кросс-циркулярно поляризованных экситонов, что отвечает процессу виртуального рождения и распада биэкситонных состояний, которое согласовано с "источником" в уравнении на интегральное число заполнения резервуара.

Найдено, что характер неравновесных переходов в такой системе зависит от длительности возбуждающего импульса. При накачке наносекундными импульсами заполнение резервуара оказывается сопоставимым с заполнением резонансно возбуждаемого поляритонного "конденсата" и спиновая релаксация экситонов в резервуаре приводит к быстрому выравниванию эффективных резонансных частот право- и левоциркулярно поляризованных компонент конденсата. В противоположность этому, при импульсной накачке длительностью до 100 пс воздействие резервуара является слабым. В этом случае отклик системы является мульти-стабильным в конечной области плотностей возбуждения и характеризуется четырьмя ветвями с различными поляризациями; при этом возможны качественно различные динамические режимы в зависимости от поляризации внешней накачки и величины приложенного магнитного поля.

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

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

Исследована кинетика релаксации намагниченности в полумагнитных полупроводниковых квантовых ямах  $Zn_{1-x}Mn_xSe/Zn_{0.89}Be_{0.11}Se$  в магнитном поле 3 Т при  $T = 1.8$  К в образцах с концентрацией ионов  $Mn^{2+}$

$x = 8.2, 14$  и  $15\%$  с помощью магнитооптической методики, основанной на измерениях изменений в спектральном положении полосы экситонной люминесценции в различные моменты времени после мощного импульсного лазерного фотовозбуждения магнитной подсистемы. Определены времена спин-решеточной релаксации  $\tau$ , которые составили  $\sim 70, 12$  и  $7$  нс, соответственно. Сопоставление с полученными ранее данными для  $x$  в области  $0.4-7\%$  показало, что увеличение  $x$  от  $0.4\%$  до  $15\%$  приводит к уменьшению  $\tau$  более чем на 5 порядков величины от мс до нс, наиболее резкая зависимость наблюдается в диапазоне  $x = \sim 2\% - \sim 10\%$ .

Предложена феноменологическая модель, которая качественно и полуколичественно объясняет сильную зависимость времени спин-решеточной релаксации от концентрации магнитных примесей в II-VI полумагнитных полупроводниках. Модель основана на предположении, что основными центрами спиновой релаксации являются кластеры, а спиновая релаксация в изолированных ионах Mn практически отсутствует. В модели учтены формирование кластеров ионов Mn при различных  $x$  и диффузия спиновых возбуждений к ним в гранецентрированных кубических подрешетках катионов полумагнитных полупроводников. С увеличением концентрации Mn растет число кластеров и усложняется их структура, что приводит к уменьшению среднего расстояния, на которое необходимо передать спиновое возбуждение от одиночного иона Mn к кластеру, и ускорению процессов релаксации в самих кластерах. Сопоставление модельных расчетов с экспериментом показывает, что доминирующий вклад в релаксацию дают кластеры, содержащие 7 и более ионов Mn.

РАН, Программа Президиума РАН «Квантовые мезоскопические и неупорядоченные системы»

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

**3.** Исследованы свойства плазменных и магнитоплазменных возбуждений в электронной и дырочной системах, которые реализуются в свободно подвешенном графене при приложении электрического поля. Помимо одночастичных возбуждений, связанных с переходами между пустыми уровнями Ландау электронов и дырок, обнаружены коллективные плазменные и магнитоплазменные возбуждения в системе электронов (и дырок) различной плотности. Показано, что, несмотря на линейную дисперсию носителей заряда в графене, гибридизация плазменных и циклотронных мод в пределе больших факторов заполнения происходит в соответствии с законом Кона, что позволяет прямым способом измерять циклотронную энергию и перенормированную скорость электронов и дырок.

Показано, что создание дефекта в системе двумерных электронов в виде разрыва в электронной плотности приводит к выпрямлению переменного потенциала, связанного с плазменными волнами, что сопровождается появлением постоянного напряжения на контактах к электронной системе. Установлено, что этот механизм ректификации плазменных волн, возбуждаемых микроволновым излучением, работает вплоть до комнатной температуры и позволяет детектировать субтерагерцовое излучение малой мощности. Используя структуры с задним затвором, мы обнаружили осцилляции фотонапряжения от электронной плотности и показали, что эти осцилляции возникают из-за эффектов интерференции плазменных волн в структуре. Установлено, что период обнаруженных осцилляций зависит от частоты микроволнового излучения, что позволяет создавать миниатюрный спектрометр высокочастотного излучения, работающего от 10 ГГц до 1000 ГГц.

РАН, Программа Президиума РАН «Квантовые мезоскопические и неупорядоченные системы»

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

Недавно нами был предложен принципиально новый вид детекторов излучения гигагерцового и терагерцового диапазонов, основанных на возбуждении плазменных волн в системах двумерных электронов различной геометрии. В отличие от широко применяемых в этом диапазоне диодов Шоттки предложенные детекторы являются чувствительными не только к мощности, но и к частоте падающего излучения. Спектральная чувствительность этих детекторов объясняется резонансным возбуждением плазменных мод в ограниченной двумерной электронной системе. Однако, при комнатной температуре плазменный резонанс уширяется и спектральная зависимость фотоотклика детектора уже определяется в основном частотными свойствами антенны и диэлектрической подложки на которой выполнен детектор. Для модификации электромагнитных свойств материалов мы предлагаем использовать фотонные кристаллы, которые должны обеспечить спектральную избирательность широкополосного детектора.

В рамках данного направления изготовлена серия фотонных кристаллов различной геометрии с встроенным детектором. Детектор и фотонный кристалл были изготовлены на одном кристалле GaAs в едином технологическом процессе. В таком устройстве был измерен фотоотклик – появление фото-напряжения при изменении частоты микроволнового излучения и были обнаружены узкие по частоте падающего излучения резонансы фото-напряжения. Было показано, что обнаруженные высокочастотные моды вызваны связью фотонной моды в микрорезонаторе с детектором. Были изучены зависимости параметров резонанса от периода фотонного кристалла, геометрии резонатора и положения детектора. Проведенное численное моделирование показало хорошее согласование эксперимента с теорией и, в частности, была объяснена обнаруженная в эксперименте сильная зависимость фотоотклика детектора от поляризации падающего излучения.

РАН, Программа Президиума РАН № 24 «Фундаментальные основы технологий наноструктур и наноматериалов»



Проведено исследование акустических краевых магнитоплазменных мод в дисках двумерной электронной системы микрометрового размера с различными профилями краевого обеднения. Для исследования применялась методика резонансного поглощения микроволнового излучения в электронных дисках, расположенных в щелях копланарного волновода. Установлено, что профиль краевого обеднения электронной системы оказывает существенное влияние на наблюдение акустических краевых магнитоплазменных мод: гладкий профиль обеднения приводит к существенному увеличению дипольного момента акустической моды, значительно усиливая соответствующие особенности в резонансном поглощении и облегчая ее наблюдение. В дисках с гладким профилем краевого обеднения в широком диапазоне значений магнитных полей изучена магнитодисперсия трех первых мод акустических краевых магнитоплазмонов. Экспериментально показано, что частота акустических краевых магнитоплазменных мод прямо пропорциональна волновому вектору. Установлено, что в режиме целочисленного квантового эффекта Холла число наблюдаемых акустических мод непосредственно определяется фактором заполнения уровней Ландау. Полученные результаты показывают, что на физические свойства акустических мод в условиях целочисленного квантового эффекта Холла оказывает существенное влияние образование на краю электронной системы последовательности чередующихся сжимаемых и несжимаемых полосок. Также была исследована зависимость амплитуды первой ( $j = 1$ ) акустической моды от фактора заполнения. Установлено, что на факторе заполнения  $\nu = 2$  амплитуда этой моды равна нулю, увеличивается далее при отходе в сторону больших факторов заполнения, и проходит через максимум на факторе заполнения  $\nu = 3$ . Качественно это объясняется увеличением количества электронов на верхнем, частично заполненном

уровне Ландау, принимающих участие в акустическом магнитоплазменном возбуждении.

РАН, Программа фундаментальных исследований Президиума РАН № 24 «Фундаментальные Основы технологий наноструктур и наноматериалов»  
Руководитель – чл.-корр. РАН И. В. Кукушкин

Исследовано микроволновое пропускание копланарных микрорезонаторов различной геометрии, нанесенных на поверхность GaAs кристаллов с двумерным электронным слоем. Обнаружен ряд резонансов, отвечающих возбуждению гибридных плазмон-фотонных поляритонных возбуждений. При этом в пределе малых магнитных полей магнито-дисперсия поляритона стартовала из частоты фотона в микрорезонаторе и плазменной частоты. А в пределе больших магнитных полей было показано, что магнитодисперсия асимптотически стремится к циклотронной частоте и частоте фотона в микрорезонаторе, соответственно. Продемонстрирован режим ультра-сильной связи плазмонной и фотонной мод. При этом отношение частоты Раби (частоты гибридизации) к частоте невозмущенных мод в экспериментах достигало рекордного значения 0.97. Изучено влияние геометрических размеров микрорезонатора, электронной плотности и магнитного поля на величину частоты Раби. Показано, что путем изменения этих параметров частоту Раби можно изменять в широких пределах. Измерение пропускания копланарных микрорезонаторов при развороте частоты показало, что поведение ширины поляритонных резонансов от магнитного поля полностью согласуется с представленной выше физической картиной. Полученные в ходе данного исследования экспериментальные данные важны для создания плазмон-поляритонных приборов вследствие того, что изучаемая система имеет большой диапазон перестройки частоты Раби в режиме ультра-сильной поляритонной связи.

РАН,

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

Выполнены экспериментальные исследования квантовых осцилляций в магнетосопротивлении полевых транзисторов на основе широких квантовых ям с асимметричным легированием, создаваемых в гетероструктурах GaAs/AlGaAs. В таких образцах в зависимости от напряжения на затворе транзистора реализуются режимы заполнения одной или двух подзон размерного квантования, причем волновые функции электронов в разных подзонах оказываются локализованными около противоположных краев квантовой ямы, т.е., возникает двухслойная квазидвумерная электронная система. При заполнении одной подзоны размерного квантования в магнетосопротивлении наблюдаются осцилляции Шубникова – де Гааза, имеющие период по обратному магнитному полю, который определяется плотностью электронов. При заполнении двух подзон размерного квантования наблюдаются квантовые осцилляции с четырьмя различными периодами. Два периода определяются плотностью электронов в каждой из подзон размерного квантования, третий период определяется полной плотностью электронов и четвертый период – разностью плотностей. Осцилляции с периодом, связанным с разностью плотностей, реализуются в слабых магнитных полях, и при не слишком низких температурах, когда осцилляции Шубникова – де Гааза при заполнении одной подзоны размерного квантования не наблюдаются. Осцилляции с периодичностью, определяемой индивидуальными плотностями электронов в двух подзонах, проявляются в области промежуточных магнитных полей. Наконец, осцилляции с периодом, соответствующим полной плотности электронов, доминируют в сильных магнитных полях, где они приводят к появлению состояний целочисленного и дробного квантовых эффектов Холла. При исследовании фотоотклика на микроволновое излучение, наблюдаемого в магнетосопротивлении, обнаружено, что амплитуда квантовых осцилляций, определяемых разностью плотностей электронов в двух подзонах, может возрастать в результате облучения.

РАН

Руководитель – д.ф-м.н. С.И. Дорожкин

Развита новая экспериментальная методика измерения степени спиновой поляризации двумерной электронной системы на основе рэлеевского рассеяния. В окрестности факторов заполнения 1 и 1/3 обнаружено немонотонное поведение степени поляризации от фактора заполнения, что связывается с формированием в электронной системе спин-текстурных электронных жидкостей. Исследованы новые спиновые ветви возбуждений спин-текстурных жидкостей в окрестности фактора заполнения 1. Это щелевые ветви, связанные с коллективной прецессией электронного спина в эффективном магнитном поле, создаваемым спиновыми текстурами (скирмионами), величина которого пропорциональна плотности скирмионов. Соответственно, нулевое эффективное магнитное поле привязано не ко внешнему магнитному полю, а к фактору заполнения 1. Измерены дисперсионные зависимости щелевых возбуждений. Обнаружена гибридизация щелевых ветвей со спиновыми экситонами. Объяснена немонотонность скорости релаксации электронного и ядерного спина в окрестности фактора заполнения 1 в терминах релаксационного канала с испусканием щелевых возбуждений.

С помощью методики электрического детектирования спинового резонанса была исследована зависимость электронного g-фактора от ширины квантовой ямы GaAs/AlGaAs при различных концентрациях алюминия в барьере AlGaAs (от  $x=0.33$  до  $x=0.1$ ). Показано, что критическая ширина  $w_0$  квантовой ямы, при которой g-фактор должен обратиться в ноль, сильно зависит от концентрации алюминия в барьере (оценки показывают изменение  $w_0$  в интервале 60-80Å). Также было исследовано поведение линейной поправки  $a_z$  в зависимости g-фактора  $g(B)=g(0)+a_z B$  от внешнего магнитного поля. Показано, что зависимости обеих величин  $a_z$  и  $g(0)$  от ширины запрещенной зоны исследованных гетероструктур имеют универсальный, не зависящий от количества

алюминия в барьере, линейный характер. Кроме того, при уменьшении ширины квантовой ямы до критического значения  $a_z$  остаётся конечным. Это делает возможным уменьшение модуля и даже смену знака g-фактора с помощью приложения относительно небольшого магнитного поля к структуре с шириной, близкой к критической.

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

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

В дырочных каналах кремниевых полевых транзисторов обнаружена и исследована немонотонная температурная зависимость сопротивления с максимумом, положение которого зависит от плотности двумерных дырок в канале. Из кривых аномального магнетосопротивления, измеренных при различных плотностях двумерных дырок и температурах, определены время спиновой релаксации, обусловленной упругим рассеянием дырок и сильным спин-орбитальным взаимодействием, и время релаксации фазы электронной волны, определяемой неупругими процессами. Обнаружено, что время спиновой релаксации не зависит от температуры, а время релаксации фазы возрастает при понижении температуры по степенному закону, в результате чего при изменении температуры изменяется соотношение между этими временами. В соответствии с предсказаниями теории слабой локализации это приводит к появлению кроссовера от температурной зависимости сопротивления диэлектрического типа при высоких температурах (локализация) к зависимости металлического типа (антилокализация) при низких. Наблюдаемое экспериментально значение температуры кроссовера (максимума на температурных зависимостях сопротивления) удовлетворительно объясняется теорией слабой локализации при использовании экспериментально определенных значений времен спиновой и фазовой релаксации. Показано, что значения параметров межчастичного взаимодействия в условиях эксперимента таковы, что влияние этого эффекта на температурную зависимость

сопротивления качественно не меняет ее вида. Учет эффектов взаимодействия улучшает согласие расчетной температурной зависимости с экспериментальной.

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

Руководитель – д.ф-м.н. С.И. Дорожкин

Исследованы гигантские флуктуации излучательной рекомбинации двумерных электронов с фотовозбужденными дырками в режиме квантового эффекта Холла. Показано, что спектр флуктуаций интенсивности люминесценции аналогичен тому, что наблюдается в открытых динамических диссипативных системах и в некоторых специальных случаях наблюдаются частотные резонансы, подчиняющиеся закону Фибоначчи. Измерен странный аттрактор в фазовом пространстве и определена размерность пространства, которая оказалась равной 4. Таким образом, установлено, что динамика системы двумерных электронов в режиме квантового эффекта Холла может быть описана с помощью системы четырех нелинейных дифференциальных уравнений.

Исследовано влияние параллельного магнитного поля на дисперсию объемных и краевых магнитоплазменных возбуждений в двумерной электронной системе, имеющей геометрию диска. Обнаружено, что анизотропия эффективной массы электронов, возникающая в параллельном магнитном поле, снимает вырождение для плазменных мод в диске. При этом в спектре магнитоплазменных возбуждений открывается щель, а закон магнитодисперсии для этих возбуждений меняется с линейного на параболический. Величина щели определяется разницей частот плазменных колебаний вдоль и поперек поля и растет квадратично с ростом величины параллельного магнитного поля.

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

4. Исследования свойств образцов кремния как p- так и n-с дислокациями до и после их легирования золотом показало, что хотя энергия связи атомов золота с дислокациями очень велика (не менее 1.7эВ) и ядра дислокаций в легированных золотом образцах содержат очень высокую концентрацию золота, что вызывает их сильный пиннинг и невозможность сдвинуть декорированные золотом дислокации приложением механических напряжений, тем не менее, не удается обнаружить методами нестационарной емкостной спектроскопии никаких глубоких электронных состояний обусловленных этими атомами золота в ядрах дислокаций. Этот результат пока не получил теоретического объяснения.

Обнаружено, что после диффузии золота в образцы кремния с дислокациями, введенными пластической деформацией при относительно низких (600°С) температурах, в спектрах DLTS наблюдаются обычные акцепторные и донорные уровни, соответствующие изолированным атомам золота в узлах решетки, однако при этом наблюдается очень странная, логарифмическая, кинетика захвата свободных электронов и дырок на эти уровни. Эффект объясняется тем, что при диффузии подавляющая часть атомов золота оказывается локализована в плоскостях скольжения дислокаций за счет реакции с вакансионными дефектами, которые рождаются движущимися дислокациями и остаются в плоскостях скольжения дислокаций если образец не подвергать высокотемпературным отжигам.

Проведены исследование эволюции электронной активности реальных образцов «солнечного поли-кремния» при различных термообработках. Развита метод измерения карт времени жизни неосновных носителей тока с высоким пространственным разрешением

путем компьютерного анализа карт тока, наведенного лазерными пучками от двух лазеров с разной длиной волны.

Исследованы морфологические особенности и фотолюминисценция дислокаций, возникающих при диффузионном сращивании пластин монокристаллического кремния с различным несопадением по углу поворота в плоскости соединения. Оказалось, что как интенсивность фотолюминисценции, так и ее спектральное положение немонотонным образом зависит от плотности дислокаций несоответствия. На основании полученных экспериментальных данных предложена модель для такой зависимости и сделаны рекомендации для реализации наибольшей интенсивности люминесценции.

В карбиде кремния одним из дефектов, которые могут быть использованы для создания светодиодов (учитывая непрямую запрещенную зону SiC) является дефект упаковки (ДУ). С целью поиска возможных вариантов создания светодиодов на основе дешевых SiC структур были изучены условия образования ДУ и параметры их рекомбинационного излучения в зависимости от режимов роста образцов методом «длждевания». Показано, что процесс образования ДУ носит спонтанный характер, который может индуцироваться флуктуациями параметров ростовых условий.

Установлено, что изображения для краевых компонент дислокаций полностью определяется усреднением изображения формируемого в секционной топографии высокого разрешения. Получаемое изображение соответствует полю локальных разориентаций для данного типа дефектов. Сложное изображение формируемое на секционных топограммах при сканировании заметно упрощается и приближается за исключением мелких деталей к виду локального поля разориентаций.

РАН, программа РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

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



5. С помощью современных тонкопленочных технологий с использованием оптической и электронной литографии, а также химических нанотехнологий изготовлены новые джозефсоновские структуры: джозефсоновские переключающие SIFS-устройства с ферромагнитным (F-) и туннельным (I-) слоем, джозефсоновские субмикронные планарные структуры с бислойным барьером нормальный металл/ферромагнетик, джозефсоновские субмикронные структуры сверхпроводник-двумерный электронный газ-сверхпроводник и гибридные структуры сверхпроводник-нанопроволока-сверхпроводник.

Исследованы особенности протекания джозефсоновского сверхпроводящего тока в планарных субмикронных SNS переходах Al-Cu-Al. Наблюдался кроссовер в температурной зависимости критического тока, объясненный на основе численного моделирования. Обнаружен гистерезис на ВАХ в области низких температур (ниже температуры кроссовера), который связан, по-видимому, с перегревом электронной системы, а также особенности, связанные с многократным Андреевским отражением.

Исследованы характеристики джозефсоновских субмикронных планарных структур с бислойным барьером нормальный металл/ферромагнетик. В дифференциальном сопротивлении структур с Cu/Fe барьером обнаружено расщепление особенностей (т.е. раздвоение пиков), связанных с наведенной в медном слое “мини-щелью”. Эффект объясняется двойным эффектом близости: сверхпроводящие корреляции (мини-щель) наводятся из сверхпроводящих берегов, а ферромагнитные (спиновое расщепление) из слоя железа.

Изготовлены и исследованы управляемые эффектом поля джозефсоновские переходы на основе полупроводниковых - нанопроволок и ниобиевых электродов. Концентрация носителей в полупроводниковых InAs-нанопроволоках регулировалась

допированием кремнием. Изучены зависимости критического тока от температуры, магнитного поля и затворного напряжения. Показано, что увеличение отрицательного напряжения на затворе приводит к подавлению джозефсоновского критического тока в структурах с низколегированными InAs-нанопроволоками. Обнаружено, что критический ток структур затухает в магнитном поле без осцилляций, что соответствует теоретическим моделям эффекта близости в ультрамалых джозефсоновских переходах. Исследованы флуктуации джозефсоновского критического тока и флуктуации проводимости в структурах. Изготовлены и исследованы субмикронные структуры сверхпроводник/двумерный электронный газ на основе InGaAs-эпитаксиальных слоев и сверхпроводящих Nb электродов. Изучены магнетотранспортные и вольт-амперные характеристики структур при различных температурах.

С целью изучения возможности применения джозефсоновских SFS  $\pi$ -контактов в квантовых когерентных структурах (кубитах) реализованы структуры, включающие компланарные резонаторы (с частотами в интервале 8-12 ГГц) и SFS  $\pi$ -контакты. Обнаружено смещение резонансных частот, связанное с включением эффективных джозефсоновских индуктивностей SFS контактов.

РАН,

Руководитель – проф. В.В. Рязанов

Для реализации планарных инверторов сверхпроводящей фазы изготовлен новый тип джозефсоновского перехода S-(NF)-S с бислойным барьером нормальный металл/ферромагнетик. Реализованы джозефсоновские структуры с магнитным и туннельным слоем, пригодные для использования в качестве переключателей в цифровых и квантовых сверхпроводниковых схемах. Начато исследование фазовых вкладов и шумов, вносимых джозефсоновскими структурами в микроволновые схемы на основе сверхпроводящих копланарных линий.

Разработана методика электроосаждения нанокристаллических сверхпроводящих пленок интерметаллида  $Pb_7Bi_3$  и гибридных бислойных структур ферромагнетик/сверхпроводник: PdNi/Pb, PdNi/PbIn.

Реализовано программируемое электроосаждение иерархических наноструктур импульсным током на пористых мембранах. Показана возможность регулирования форм наноструктур. Выращены разнообразные наноструктурированные объекты из нормальных (Ag, Pd, Rh), магнитных (Ni, Pd-Ni, Pd-Co) и сверхпроводящих (Bi, Pb-In, Pb-Bi) металлов и сплавов, которые имеют перспективу использования в наноэлектронике.

Программа РАН Квантовые мезоскопические и неупорядоченные системы,

Руководитель проекта – проф. В.В. Рязанов

**6.** Исследованы осцилляции Шубникова-де Гааза на органических кристаллах кристаллах с целью выявить изменения в спектре носителей, происходящие при образовании волны зарядовой плотности.

Проведены магнитотранспортные измерения органического проводника под давлением, при котором переход металл-диэлектрик подавлен. Измерены температурные зависимости верхнего критического поля.

Проведены прецизионные измерения в интервале температур  $0.5 < T < 100$  К на частоте 28 ГГц действительной и мнимой частей микроволнового поверхностного импеданса кристаллов органического сверхпроводника

При экспериментальном исследовании прыжковой проводимости GaAs структуры обнаружен размерный эффект в дробовом шуме и выяснено предельное значение фактора Фано, определяющего интенсивность шума по отношению к пуассоновскому.

В монокристаллах пниктидов,  $\text{Eu}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{Fe}_2\text{As}_2$  и халькогенидов  $\text{K}_{0.83}\text{Fe}_{1.83}\text{Se}_2$  и  $\text{K}_{0.8}\text{Fe}_2\text{Se}_2$  исследованы температурные зависимости сопротивления в нулевом поле и верхнего критического магнитного поля,  $H_{c2}(T)$  в импульсных магнитных полях до 60Т.

Исследованы температурные зависимости комплексной проводимости сверхпроводящих монослойных гетероструктур  $\text{La}_{1.65}\text{Sr}_{0.45}\text{CuO}_4/\text{La}_2\text{CuO}_4$ , на радиочастотах (2-30 МГц).

С помощью установки молекулярно – лучевой эпитаксии синтезированы бислои, состоящие из монослоя металлического несверхпроводящего купрата,  $\text{La}_{1.65}\text{Sr}_{0.45}\text{CuO}_4$ , и монослоя купрата изолятора ( $\text{La}_2\text{CuO}_4$ ). Исследованы температурные и магнето полевые зависимости комплексной высокочастотной проводимости,  $\sigma(\omega)$ , этих сверхпроводящих гетероструктур.

Исследованы температурные и магнето полевые зависимости сопротивления,  $\rho(T)$ , и магнитной глубины проникновения,  $\lambda(T)$ , высокочастотного магнитного поля в электронных халькогенидах ( $\text{K}_{0.83}\text{Fe}_{1.83}\text{Se}_2$ ,  $\text{K}_{0.8}\text{Fe}_2\text{Se}_2$ ) (KFS) и дырочных пниктидах  $\text{Eu}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{Fe}_2\text{As}_2$  (ЕКФА).

Синтезированы образцы Y-Ba-Cu-O и Eu-Ba-Cu-O состава  $\text{YBa}_3\text{Cu}_5\text{O}_{9+\delta}$  и  $\text{Eu}_2\text{Ba}_3\text{Cu}_5\text{O}_{10+\delta}$  соответственно и исследован их фазовый состав.

Исследована доменная структура кристаллов с картиной электронной дифракции тетрагональной фазы идентичных по структуре оксидов состава « $\text{EuBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+\delta}$ » и « $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+\delta}$ » в зонах [001] и [100], что отвечает плоскостям, перпендикулярным ab и bc соответственно.

РАН, Программа Президиума РАН "Физика конденсированных сред",  
Программа ОФН РАН "Сильно коррелированные электроны в полупроводниках, металлах, сверхпроводниках и магнитных материалах»  
Руководитель – акад.РАН В.Ф. Гантмахер

7. Получены метастабильные при нормальных условиях интерфейсы, образованные магнием и оксидом магния, переходящие в сверхпроводящее состояние при температуре 50 К. Магнитометрическими и электротранспортными измерениями исследовано влияние постоянного и переменного внешних магнитных полей, а также электротока на температуру сверхпроводящего перехода интерфейса Mg/MgO. Методами рентгеновской дифракции и элементного микроанализа исследована структура этого интерфейса.

Методом декорирования исследована вихревая структура в высокотемпературных сверхпроводниках. Впервые наблюдались вихревые структуры в монокристаллах  $\text{BiSrLaCuO}(2201)$ . Наблюдались домены с регулярной вихревой решёткой, в передопированных монокристаллах пниктидов, легированных фосфором  $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)$ , что свидетельствует об ослаблении пиннинга по сравнению с оптимально допированными монокристаллами.

По результатам измерений крутящего магнитного момента и ЯМР определена магнитная структура основного состояния органического металла  $\kappa\text{-(BETS)}_2\text{Mn}[\text{N}(\text{CN})_2]_3$ . При атмосферном давлении и температуре ниже 23 К (температура перехода металл-диэлектрик) электроны проводимости ( $\pi$ -электроны) локализуются на димерах молекул BETS с образованием дальнего «скошенного» антиферромагнитного порядка. Отличительной особенностью такой магнитной структуры является наличие спонтанной намагниченности в направлении, перпендикулярном лёгкой оси, что обусловлено небольшим отклонением магнитных моментов подрешёток от направления лёгкой оси вследствие взаимодействия Дзялошинского-Мории.

РАН,

Руководитель – проф. Л.Я. Винников

Впервые наблюден и исследован биполярный эффект резистивных переключений в структурах на основе топологического изолятора  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ . Из характера переключений был определен тип носителей в исследуемом соединении. Было показано, что в процессе переключений проводимость  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  меняется с металлической на активационную.

РАН, Программа Президиума РАН «Новые материалы и структура».  
Руководитель – к.ф.-м.н. Н.А. Тулина

**8.** Разработан метод “джозефсоновской магнитометрии” слабых низкотемпературных ферромагнетиков, связанный с детектированием изменений критического тока джозефсоновских переходов сверхпроводник-ферромагнетик-сверхпроводник при перемагничивании ферромагнитного барьера. Измерены петли намагничивания слабо-ферромагнитных слоев с субмикронными латеральными размерами, имеющих магнитный момент насыщения менее  $10^{-15}$  А м<sup>2</sup>. Теоретически и экспериментально исследовано влияние процессов перемагничивания ферромагнитного слоя на критический ток двухбарьерных структур сверхпроводник-изолятор-сверхпроводник-ферромагнетик-сверхпроводник.

Изучены магнитные свойства ультратонких пленок сплава  $\text{Pd}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}$  в гибридных структурах PdFe-Nb, используемых в S-F переключателях. Показано, что при толщине пленок 40 нм в них реализуется нанокластерная структура на основе магнитных комплексов  $\text{Pd}_3\text{Fe}$ , разделенных немагнитными зернами Pd.

Магнито-оптическими методами выполнено исследование кинетики перемагничивания пермаллоя в тонкопленочных структурах пермаллой/ниобий в интервале температур 6-300 К. Показано, что только при блоховском типе доменных границ в пермаллое кинетика перемагничивания пермаллоя при температурах ниже и выше точки сверхпроводящего перехода ниобия эквивалентны. В противном случае

механизм перемагничивания испытывает критическое преобразование. Начато изучение влияния геометрических размеров структур на их свойства и динамические характеристики. Показано, что на зигзагообразных структурах пермаллой/ниобий, магнитные доменные границы локализуются на остриях зигзагов и там стабилизируются. Проведены первые исследования возможности перемещения границ спин-поляризованным током. Показано, что только при стабилизации границ на сторонах зигзагов удается производить их смещение спин-поляризованным током. Обнаружено, что смещение границ с разворот намагниченности «вверх» и «вниз» относительно свободной поверхности структуры несимметрично. Обнаружены эффекты магнитного последствия и обусловленные ими гистерезисные эффекты стабилизации границ в пермаллоиде, приводящие к зависимости локальной коэрцитивности от времени нахождения границы в данной точке кристалла и влияющие на динамические характеристики процесса перемагничивания.

Методом электро-химического проращивания в мембранах изготовлены структуры на основе магнитных нанопроволок Pd/Ni (25/75). Проведены магнито-транспортные исследования магнитной анизотропии нанопроволок. С помощью автоматической установки послойного электроосаждения из двух ванн с соответствующими электролитами выращены металлические гибридные мезоструктуры ферромагнетик/сверхпроводник PdNi/Pb и PdNi/PbIn. Локальное распределение сверхпроводящего (PbIn) и ферромагнитного (PdNi) сплавов и границы между ними будет изучено с помощью микроскопических методик высокого разрешения.

Реализован тонкопленочный гиромангнитный осциллятор (ГМО), в котором происходит взаимная трансформация спинового и механического момента импульса. Создание ГМО стало возможным за счет того, что время спиновой релаксации  $\tau_s$  в реализованной структуре

больше периода колебаний  $T$  благодаря мезоскопичности ГМО и геометрии эксперимента.

РАН,

Руководитель – проф. В.В. Рязанов

**9.** Обнаружено, что величина поля зарождения доменов в ультратонких структурах  $[\text{Co}/\text{Pt}]_2$  с перпендикулярной анизотропией немонотонно убывает с толщиной немагнитной прослойки, что указывает на осциллирующий характер межслойного обменного взаимодействия в ультратонких структурах  $\text{Co}/\text{Pt}/\text{Co}$  с перпендикулярной магнитной анизотропией.

Получены данные о влиянии краевых дислокаций на элементарные акты перемагничивания эпитаксиальной гетероструктуры  $\text{NiFe}/\text{NiO}/\text{MgO}(001)$ . Обнаружено, что сгруппированные вдоль  $\langle 110 \rangle$  плоскостей скольжения краевые дислокации приводят к образованию в плёнке пермаллоя ориентированных вдоль этих плоскостей специфических квазиодномерных доменов с наведенной однонаправленной анизотропией.

Показано, что в тонком ферромагнитном слое  $\text{NiFeMoCu}$ , обменно-связанном с антиферромагнитной квадратной сеткой  $\text{FeMn}$ , ограничение латерального размера антиферромагнетика приводит к формированию в ферромагнитной плёнке вдоль краев АФМ решетки топологически стабильных доменных границ, которые препятствуют образованию доменов новой фазы.

Показано, что основной вклад в гигантское изменение сопротивления пленок манганита лантана обусловлен наличием магнитных неоднородностей вблизи интерфейса пленка-подложка, связанных с упругими напряжениями. Обнаружена зависимость смещения границ под действием спин-поляризованного тока от направления закрутки спинов в границе, что говорит о сложности механизма воздействия тока на



границы, наличии прямого давления тока на границы и давления со стороны магнитного поля, возникающем при протекании тока.

РАН, Программа ОФН РАН «Физика новых материалов и структур»,  
Программа Президиума РАН «Квантовые мезоскопические и неупорядоченные системы».

Руководитель – д.ф.м.н. В.С. Горнаков

**10.** В планы работы лаборатории по данной тематике на 2012 г. были включены исследования рассеяния света в ближнем ИК диапазоне на образцах водяных гелей разной плотности. Проведенные эксперименты показали, что спектры примесного водяного геля в сверхтекучем гелии заметно различаются от спектров поглощения воды и льда. В спектрах водяных гелей полностью отсутствуют или сильно смещены пики, соответствующие смешанным модам симметричного  $\nu_1$  и асимметричного  $\nu_3$  растяжения двух Н-О связей и колебательным движениям двух молекул водорода относительно общего центра масс молекулы Н-О-Н ( $\nu_2$ ). Чтобы проследить за изменением поглощения водяного геля при изменении плотности образцов были проведены измерения поглощения ИК света на нескольких образцах. Измерения проводили на разной высоте относительно дна рабочей ячейки, т.е. при различной плотности геля. Оказалось, что независимо от плотности геля ни один из пиков поглощения, характерных для “О-Н” связи в воде, в геле не проявляется. Это можно объяснить резким изменением взаимодействия между молекулами  $H_2O$  в нанокластерах, формирующих дисперсионную систему (каркас) водяного геля, как в объеме так и на поверхности кластеров, взаимодействующих между собой и с жидким гелием в порах между кластерами (дисперсионной средой геля). Таким образом по изменению спектров поглощения ИК света при переходе от массивных образцов жидкой воды и льда к наноструктурированным образцам (водяным гелям), а в дальнейшем и при переходе от геля к мелкодисперсному ледяному порошку, образующемуся при распаде

водяного геля, можно будет судить об ориентационных и фазовых превращениях в водных системах, например динамике фазовых превращений при переходе мелкодисперсного ледяного образца из аморфного в кристаллическое состояние и последующего перехода кубический лед – гексагональный лед с повышением температуры образца. Для проведения этих исследований разработана и изготовлена новая вставка, предназначенная для проведения оптических измерений в широком температурном интервале.

В 4-м квартале 2012 г. были предприняты измерения спектров поглощения ИК излучения в наноструктурированных этаноловых образцах. В отличие от воды - сильно полярная жидкость, этанол – пример слабо полярной жидкости, поэтому можно ожидать, что разница между спектрами поглощения этанолового геля и обычного жидкого и твердого этанола будет несущественной. Обработку результатов измерений планируется завершить к концу года. На рентгеновском дифрактометре D500 были проведены первые исследования структурных и фазовых превращений в мелкодисперсных образцах замороженного в жидком азоте этанолового льда при повышении температуры образца от 80 К до ~ 150 К. Здесь нам также удалось наблюдать фазовый из аморфного в кристаллическое состояние при повышении температуры образца. Но в отличие от воды и льда фазовые переходы в твердом этаноле ранее были изучены довольно слабо, что затрудняет интерпретацию полученных спектров. Планируется, что исследования структурных и фазовых превращений в этаноловом геле и в мелкодисперсных образцах твердого этанола методами рентгеновской, нейтронной и оптической спектроскопии будут продолжены в 2013 г.

РАН,

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

**11.** Исследована стойкость волоконно-оптической квантовой криптографии на геометрически однородных когерентных состояниях.

Исследована стойкость систем квантовой криптографии с фазово-временным кодированием и доказана ее стойкость относительно различных атак на квантовый канал с потерями для конечных длин последовательностей. Доказана криптографическая стойкость двухпроходной системы релятивистской квантовой криптографии для открытого пространства для случая конечных последовательностей квантовых состояний. Предложена экспериментальная реализация системы квантовой криптографии для открытого пространства на композитных бифотонах – поляризационных кутритах

РАН Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»

Руководитель – проф. С.Н. Молотков

**12.** Исследованы кинетические процессы в мезоскопических системах и системах пониженной размерности. В частности, экспериментально реализовано плавное изменение фактора Ланде в гетероструктурах GaAs/AlGaAs. В двумерных электронных системах с сильным межэлектронным взаимодействием изучено влияние магнитного поля, параллельного интерфейсу, на степень спиновой поляризации. Обнаружены гистерезисные явления. При гелиевых температурах с помощью заряженного острия атомно-силового микроскопа индуцирован и исследован эффект отрицательной дифференциальной проводимости на двойной квантовой точке, изготовленной из проволоки InAs, Начаты исследования дробового шума в двумерных электронных системах в области, близкой к переходу в изолятор.

РАН, Программа Президиума РАН « Квантовые мезоскопические и неупорядоченные системы», Программа Президиума РАН «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов»

Руководитель – проф. В.Т. Долгополов

**13.** Изучены эффекты, обусловленные межэлектронным взаимодействием в двумерных структурах. В двумерных системах с нарушенной трансляционной симметрией исследованы процессы электрон-электронного рассеяния, продемонстрировано, что именно этими процессами определяется зависимость от температуры и магнитного поля кондуктанса точечного контакта в двумерном электронном газе. Построен электронный интерферометр типа Маха-Зендера на краевых состояниях, работающий в режиме дробного квантового эффекта Холла РАН, Программа ОФН РАН "Спиновые явления в твердотельных наноструктурах и спинтроника", Программа ОФН РАН «Сильно коррелированные электроны в твердых телах и структурах»

Руководитель - проф. В.Т. Долгополов

**14.** Проведены исследования особенностей атомной и электронной структуры методом фотоэлектронной спектроскопии и спектроскопии поглощения в плёнках и структурах Yb тетрафенилпорфиринов  $Yb(acac)TPPBr_8$ ,  $Yb(acac)TPP$ . В спектрах исследованных Yb металлопорфиринов наблюдается один уширенный пик N1s состояний, отражающий малую разность энергии связи пиррольного- и аза-N. Введение в центральную часть макроцикла атома иттербия приводит к более равномерному перераспределению электронной плотности азота и металла. В спектрах остовных состояний Yb4d присутствует малый химический сдвиг относительно оксида иттербия (III), а наблюдаемое мультиплетное расщепление, также свидетельствует в пользу Yb(III) валентного состояния металла в соединении. Проведены квантово-механические расчеты электронной структуры валентной зоны (HOMO-LUMO) молекулярных структур на основе иттербиевых металлопорфиринов методом функционала плотности, проанализированы особенности электронной структуры заполненных и свободных состояний.

При помощи СТМ проведены исследования динамики вращения отдельных молекул фуллерена в пленке, выращенной на поверхности  $\text{WO}_2/\text{W}(110)$  вблизи вращательного фазового перехода. Вращательный фазовый переход в ультратонких пленках  $\text{C}_{60}$  осажденных на поверхности  $\text{WO}_2/\text{W}(110)$  наблюдается при 260К. Было обнаружено, что при температурах ниже температуры фазового перехода возникают флуктуации, которые проявляются как переключения молекул  $\text{C}_{60}$  между несколькими состояниями. При 254К частота переключения  $\text{C}_{60}$  между указанными состояниями сравнима со временем съемки отдельного СТМ изображения. Из исследования топографии поверхности следует, что переключения происходили, как минимум, между тремя состояниями – «основным», состоянием молекулы с пониженной проводимостью и состоянием молекулы с повышенной проводимостью. Наиболее вероятными состояниями молекулы являются «основное» и с повышенной проводимостью.

Для определения энергетической структуры состояний молекулы  $\text{C}_{60}$  на поверхности  $\text{WO}_2/\text{W}(110)$  зонд СТМ располагали над молекулой и исследовали зависимости туннельного тока и  $Z$  положения зонда СТМ от времени. Исследования проводились при 256К. Это позволило определить среднее время жизни молекулы в каждом из состояний. Характерная величина барьера между ближайшими состояниями составила 650mV, а расстояние между уровнями – 11mV. Обнаружена зависимость высоты барьера от полярности напряжения на зонде СТМ, что является свидетельством поляризации молекулы. Приведенные данные находятся в хорошем согласии с расчетами, проведенными в приближении DFT.

Проведены исследования особенностей роста, атомной и электронной структуры монослойного графена на поверхности кубического карбида кремния  $\text{SiC}(001)$  методами Оже спектроскопии, ДМЭ, СТМ с атомным разрешением и фотоэлектронной спектроскопии. Показано, что сплошное монослойное покрытие графена на поверхности тонких пленок кубического карбида кремния  $\text{SiC}(001)$ , выращенных на стандартных

пластинах Si(001), может быть получено с помощью термодесорбции кремния в сверхвысоком вакууме. Методами ФЭС и ФЭС с угловым разрешением показано отсутствие буферного слоя и слабое взаимодействие синтезированного слоя графена с подложкой, а также наличие электронного спектра, типичного для монослойного графена образцов графен/SiC(001)/Si. С помощью СТМ установлено, что монослой графена на SiC(001) состоит из доменов четырех ориентаций, разделенных границами, ориентированными вдоль направлений  $\langle 110 \rangle$ . Показано, что атомная структура доменов графена находится в полном соответствии с предсказаниями теории – поверхность демонстрирует характерную для свободностоящего графена шероховатость (rippling), приводящую к изменению длин углеродных C-C связей в гексагонах.

Среди материалов, способных воспринимать инжектированные спин-поляризованные носители и осуществлять их транспорт без изменения спина, уникальное место занимают органические молекулярные полупроводники (ОМП). Ферромагнетики Mn, Fe, Ni, Co являются кандидатами для формирования контактов к ОМП в спинтронике. Fe и Co при нанесении на поверхность ОМП - CuPc при комнатной температуре подложки образуют резкую границу раздела, что способствует процессу инжекции спин-ориентированных электронов в ОМП, однако было обнаружено химическое взаимодействие магнитных металлов с азотом и углеродом ОМП, которое может явиться причиной формирования электронных состояний на границе раздела. Эти состояния ловушки для носителей заряда и могут оказывать нежелательное влияние на инжекцию спин-поляризованных электронов. Проведены исследования по формированию границ раздела, образующихся в результате осаждения атомов Fe, Co на поверхность ОМП - фталоцианина меди с использованием «мягких» условий осаждения. Охлаждение пленки прокачкой жидкого азота через медный контейнер обеспечивает формирование тонкой пленки жидкого Xe, напущенного в экспериментальную камеру до давления около  $1 \times 10^{-7}$  торр. (температура

конденсации  $\sim 166\text{K}$ ), на поверхности CuPc перед осаждением железа. Металлические атомы осаждаются на поверхность буферного слоя, состоящего из 10 монослоев конденсированного Хе, и диффундируют в направлении к ОМП (адсорбируясь на поверхности будучи в процессе диффузии термализованными до температуры жидкого Хе). На 2-х источниках синхротронного излучения: MAX-Lab (Швеция) и ELETTRA (Италия) были проведены работы по формированию тонкой пленки жидкого Хе на поверхности Cu-Pc, отработаны методики напыления Fe сквозь жидкую пленку Хе и получены фотоэлектронные спектры, убеждающие в правильности разрабатываемой методики.

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

Руководитель – д.ф.-м.н. А.М. Ионов

**15.** Проведены спектральные исследования, включающие в себя измерения спектров дифракции, люминесценции, вращения плоскости поляризации, их температурных зависимостей, в жидкокристаллических фотонных кристаллах на совершенных образцах и образцах, содержащих ориентационные дефекты. Определены параметры фотонных зон. Измерена температурная зависимость фотонных зон. Описание фотонных характеристик проведено с использованием подходов, основанных на уравнениях Максвелла и материальных уравнениях, а также соотношениях Крамерса-Кронига. Измерены структурные характеристики жидкокристаллических наноплёнок, определены модули упругости поля двумерного ориентационного упорядочения. В исследованных наноплёнках упругая константа продольного изгиба составляет величину  $0.9 \cdot 10^{-6}$  эрг/см, поперечного изгиба  $2.7 \cdot 10^{-6}$  эрг/см. Из сопоставления экспериментальных данных, в том числе фазовых переходов в электрическом поле, с результатами расчетов определены величины межслоевых взаимодействий в структурах с различной последовательностью жидкокристаллических фаз.

Измерены спектры комбинационного рассеяния света (КРС) молекулярного донорно-акцепторного комплекса  $\{Cd(dedtc)_2\}_2C_{60}$  до 8 ГПа. Обнаружено, что при давлении 2.5 ГПа происходит фазовый переход, связанный предположительно с полимеризацией подрешетки фуллерена. Переход обратим по давлению: при сбросе давления до нормального восстанавливается исходный спектр КРС, характерный для мономера фуллерена  $C_{60}$ . Измерены спектры КРС молекулярного донорно-акцепторного комплекса  $\{Pt(dbdtc)_2\}C_{60}$  при давлении до 8 ГПа. Обнаружено, что при давлении 0.5 ГПа происходит фазовый переход, связанный, по-видимому, с образованием димеров  $C_{60}$ . При давлении 2.5 ГПа происходит второй фазовый переход, обусловленный образованием планарной полимерной структуры. Полимерная фаза устойчива при давлении до 8 ГПа, однако при сбросе давления до 0.5 ГПа происходит переход в другую полимерную фазу, которая устойчива при нормальных условиях.

Измерены спектры КРС пучков одностенных углеродных нанотрубок (ОУНТ) при температуре до 730К и давлении до 7 ГПа. Сдвиг и смягчение РДМ наблюдается при облучении образцов лазером с плотностью мощности  $6.5 \text{ кВт/мм}^2$ . Зависимость относительной частоты  $\Omega/\Omega_0$  для  $G^+$  и  $G^-$  фононных мод от относительного изменения постоянной треугольной решетки  $A_0/A$  пучков ОУНТ, вычисленная с использованием коэффициента температурного расширения и постоянной сжимаемости пучков ОУНТ, показывает, что температурный сдвиг  $G$  моды определяется смягчением С-С связи в нанотрубках.

РАН, Программа Президиума РАН «Квантовые мезоскопические и неупорядоченные системы», Программа Президиума РАН «Вещество при высоких плотностях энергии»

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

**16.** В целях определения атомно – молекулярной и электронной структур интерфейсов между наночастицами неорганических сцинтилляторов и



органических люминофоров в сцинтилляционных композитах проведены исследования спектров инфракрасного поглощения и ядерного магнитного резонанса соединений органических полимеров с ионами гадолиния, который в указанных композитах играет роль активатора миграции электронных возбуждений между компонентами. Обнаружено, что при введении гадолиния в спектрах ЯМР происходят химический сдвиг и сильное уширение резонансной линии протонов. Это указывает на заметные изменения эффективного магнитного поля, действующего на протоны, что можно объяснить образованием химических связей между водородом, входящим в состав органических молекул, и ионами гадолиния. Кроме того, в спектрах инфракрасного поглощения возникает низкочастотная полоса, которую можно приписать резонансным колебаниям пар водород – гадолиний. С учетом того, что гадолиний, как и другие редкоземельные ионы, является активным комплексообразователем с ароматическими кольцами органических молекул, приведенные выше экспериментальные результаты позволяют предположить, что редкоземельные ионы и другие комплексообразователи, легирующие неорганические сцинтилляторы, выполняют двойную роль, Во-первых, как и в изолированных наночастицах, выступают центрами люминесценции. Кроме того, приграничные ионы образуют комплексы с ароматическими кольцами, по химическим связям которых электронные возбуждения, образованные в наночастицах ионизирующим излучением, за пикосекундные времена передаются органическим люминофорам. Так как с уменьшением размеров наночастиц относительная доля приграничных ионов резко возрастает, при достаточно малых размерах процессы передачи возбуждений в органику начинают превалировать над процессами собственной люминесценции тех же ионов, т.к. времена высвечивания намного больше времен передачи.

Обнаружено, что формирование достаточно сильных химических связей неорганических наночастиц с объемными органическими полимерами приводит к упорядочению внутренней структуры полимеров,

что выявляется рентгеновской дифрактометрией и дифференциальной калориметрией.

На примере сцинтилляционного композита из частиц бромида лантана, легированного церием, и органического связующего показано, что энергетическое разрешение композита заметно улучшается, приближаясь к разрешению монокристалла, если неорганические частицы изготавливаются путем диспергирования монокристалла соответствующего состава. Это позволяет создавать композиционные радиационные детекторы неограниченных размеров с высоким разрешением.

РАН, Программа Президиума РАН «Нанокристаллические и нанокластерные структуры и структуры на основе самоорганизации примесей и дефектов»

Руководитель – к.ф.-м.н. Н.В. Классен

**17.** Выполнены монокристалльные рентгеноструктурные исследования в широком диапазоне температур новых молекулярных кристаллов с разными специфическими свойствами:

I. Проведено рентгеноструктурное исследование новых низкоразмерных органических проводников на основе катион-радикальных солей ET с магнитными металлокомплексными анионами  $[\text{ReCl}_6]^{2-}$ :  $\alpha'$ -(ET)<sub>4</sub>(ReCl<sub>6</sub>)(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>)<sub>2</sub> (1) и  $\delta$ -(ET)<sub>4</sub>(ReCl<sub>6</sub>)<sub>1.5</sub>(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Br)<sub>0.5</sub> (2). На основе структурных данных рассчитана электронная зонная структура, согласно которой кристаллы (1) должны иметь диэлектрические свойства, а кристаллы (2) – металлические. Это подтверждено транспортными измерениями.

II. Определены структуры новых комплексов Mn(III) с основаниями Шиффа и дицианамидом:  $[\text{Mn}(\text{salpn})\text{N}(\text{CN})_2]_n$  (две полиморфные модификации, Ia и Ib),  $\{[\text{Mn}(5\text{-Br-salen})\text{N}(\text{CN})_2]\cdot\text{CH}_3\text{OH}\}_n$  (II) и  $[\text{Mn}(3\text{-MeO-salen})\text{N}(\text{CN})_2(\text{H}_2\text{O})]$  (III). Изучение магнитных свойств **Ia** и II показало, что в этих комплексах существует слабое антиферромагнитное

взаимодействие между ионами Mn(III) через дицианамидные мостики. Найдены структуры новых комплексов Mn(III) с основаниями Шиффа и трицианметанидом:  $[\text{Mn}(\text{salen})\text{C}(\text{CN})_3(\text{H}_2\text{O})]$  (IV) и  $[\text{Mn}(\text{salpn})\text{C}(\text{CN})_3(\text{H}_2\text{O})]$  (V). Установлено, что, не смотря на присутствие (CN)-групп, цепочки в структуре не образуются и молекулы между собой связаны только слабыми водородными контактами.

III. Решена структура комплексов  $\text{Fe}^{\text{II}}\text{TPP}\cdot\text{C}_{60}\cdot(\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2)_2\cdot(\text{C}_6\text{H}_{14})_{0.5}$  и  $\text{Fe}^{\text{II}}\text{TPP}\cdot(\text{C}_6\text{H}_5\text{CN})_2$ . Несмотря на координацию фуллереновых молекул к порфириновому макроциклу, согласно данным ИК и ЭПР спектроскопии в комплексе отсутствует заметный перенос заряда между порфирином и фуллереном. Структура кристаллов  $(\text{DMF}^+)_2\cdot(\text{C}_{60}^{\cdot-})\cdot\{\text{Cd}(\text{Et}_2\text{NCS}_2)_2\Gamma\}$  была детально исследована при различных температурах и скоростях охлаждения. Относительно низкая температура димеризации подрешетки фуллерена (125K) и влияние окружения фуллеренов приводит к заторможенности данного структурного перехода приводит к зависимости результата перехода от скорости охлаждения: быстрая закалка сохраняет мономерное анион-радикальное состояние фуллеренов, средние скорости охлаждения, 1K/мин, приводят к частичному переходу в димерное состояние, полный переход фуллеренов в димерное диамагнитное состояние достигается при скоростях ниже 0.1K/мин. Таким образом, в данной структуре имеется возможность контролировать низкотемпературные электронные состояния кристалла, т.е. его магнитные и проводящие свойства. Продолжились поисковые исследования новых фуллереновых комплексов с односвязной трехмерной подрешеткой фуллерена с целью реализации металлического или магнитного состояния в ней. Рентгендифракционными методами в камере высокого давления с алмазными накавальнями была измерена сжимаемость кристаллов фуллеренового комплекса  $\text{Pt}(\text{dbdtc})_2\text{C}_{60}$ .

IV. Впервые определена структура ионных комплексов, которые содержат фталоцианины магния  $(\text{MgPc})_2\text{OH}^-$  и анионы  $\text{C}_{60}^-$ :  $\{(\text{MgPc})_2\text{OH}^-\}_2\cdot(\text{C}_{60}^-)_2\cdot(\text{PMDAE}^+)_4\cdot(\text{C}_6\text{H}_5\text{CN})_4$  (1) и

$\{(MgPc)_2OH^-\}_2 \cdot (C_{60}^-)_2 \cdot (TMP^+)_4 \cdot (C_6H_5CN)_3 \cdot (C_6H_4Cl_2)_{2.5}$  (2). Структурное исследование показало, что при температуре 240–220 К в обоих комплексах происходит димеризация радикал-анионов  $C_{60}^-$ , которая сопровождается обратимым переходом комплексов от парамагнитного к диамагнитному состоянию. Структура кристаллов  $(Cr^{*2}Cr^+) \cdot (FePc^-) \cdot (C_6H_4Cl_2)_4$  (3) содержит плотноупакованные однородные стопки чередующихся  $Cr^{*2}Cr^+$  и  $FePc^-$  ион-радикалов, спины которых проявляют магнитное взаимодействие. Материал **3** является мягким ферримагнитом с температурой бифуркации около 5 К. Проведены предварительные рентгеноструктурные исследования новых кристаллов на основе незамещенных фталоцианинов,  $H_2Pc$ .

РАН, Программа Президиума РАН «Свойства конденсированных сред»  
Руководитель - д.ф.-м.н. Р.П. Шибаета

## II.7

### **Физическое материаловедение: новые материалы и структуры, в том числе фуллерены, нанотрубки, графены, другие наноматериалы, а также метаматериалы**

**18.** В рамках исследования эволюции структуры под действием интенсивной пластической деформации изучены ранние стадии образования наноструктуры в аморфных сплавах Fe-B-Si. Показано, что при интенсивной пластической деформации кручением под давлением после деформации в 1 оборот доля нанокристаллов составляет 3-5%, а средний размер нанокристаллов не превышает 5 нанометров. Нанокристаллы неравномерно распределены в аморфной матрице и сконцентрированы в зонах вблизи полос сдвига.

Магнитные свойства и магнитная структура микропроводов Fe-Si-B-C изучены с помощью гистерезисных измерений и метода оптических индикаторных пленок. Гистерезисные измерения показали, что намагниченность насыщения достигается при величине магнитного поля в 15 Э. Однако на изображениях магнитной структуры, полученных с

помощью метода оптических индикаторных пленок, видно, что достижение насыщения не происходит даже при увеличении внешнего поля до 100 Э. Поскольку обычно доля поверхностных доменов оценивается по гистерезисным свойствам (по отношению  $M_r/M_s$ ), полученные данные свидетельствуют о том, что применяемая, как правило, методика оценки характеристик поверхностных доменов по гистерезисным свойствам не всегда является корректной.

Проведены прямые измерения магнито-калорического эффекта в отожженных микропроводах составов  $Ni_{62}Mn_{13}Ga_{25}$  и  $Ni_{65}Mn_9Ga_{26}$  в оболочке и после ее снятия. Показано, что после снятия оболочки изменение температуры  $\Delta T$  при намагничивании увеличивается от 0.06-0.08 К до 0.22 К. Наблюдаемый эффект почти на порядок величины выше наблюдавшегося ранее в микропроводах состава  $Fe_3P$ . Исследована структура микропроводов и ее изменение при термообработке. Показано, что отжиг микропроводов при 500°C приводит к изменению фазового состава: после отжига: двухфазный до термообработки образец становится однофазным.

Исследованы процессы расслоения аморфной фазы и начальные стадии кристаллизации металлических стекол системы Al-Ni-Y. Показано, что при термической обработке образование нанокристаллов алюминия на первой стадии кристаллизации во всех исследованных сплавах сопровождается расслоением аморфной матрицы на области разного химического состава. При деформационной обработке изменения структуры зависят от химического состава: в сплавах, обогащенных редкоземельным компонентом, заметного расслоения аморфной матрицы не происходит, но в полосах сдвига наблюдается формирование нанокристаллов. В сплавах, обедненных редкоземельным компонентом, деформация приводит к расслоению аморфной матрицы, образованию областей, отличающихся друг от друга типом ближнего порядка и составом, т.е. формирование так называемых наностекол.

Исследована зависимость структуры, фазового состава и механических свойств сплава Al–30 вес.% Zn от степени деформации. Деформация осуществлялась методом кручения под высоким давлением; степень деформации определялась количеством оборотов наковальни Бриджмена. С помощью рентгеноструктурного анализа и просвечивающей электронной микроскопии и измерения величины микротвердости установлено, что деформация приводит к постепенному распаду исходно пересыщенного твердого раствора (Al), значительному измельчению структуры, а также разупрочнению сплава. Полученные результаты рассмотрены с точки зрения предложенной Мартеном концепции эффективной температуры – температуры, соответствующей установившемуся стационарному фазовому состоянию. Установившейся в результате деформации фазовый состав сплава отвечает на фазовой диаграмме температуре ниже 200°C. Столь низкое значение эффективной температуры связано с высоким коэффициентом диффузии Zn в Al.

Рассмотрено семейство бинарных фаз в сплавах благородных металлов и элементов главных групп (Cd, Al, In и Sn) со структурами, родственными ОЦК. Показано определяющее влияние числа валентных электронов на формирование структур с гексагональным, орторомбическим, моноклинным и триклинным искажением, с вакансиями и сверхструктурами. Построение полиэдров Бриллюэна – Джонса с использованием плоскостей, соответствующих дифракционным пикам с волновым вектором, близким к  $2k_F$ , показывает, что механизм Юм-Розери является главным фактором, контролирующим стабильность фаз сплава. Проведенный анализ может быть полезен в понимании сложных структур, найденных недавно для элементов при высоком давлении (щелочных и щелочноземельных металлов).

РАН, Программа Президиума РАН «Квантовые и мезоскопические и неупорядоченные системы»

Руководитель – проф. А.С.Аронин

**19.** Показано, что вместо известной последовательности фаз для микрокристаллического состояния «низкотемпературная фаза арагонита  $\leftrightarrow$  высокотемпературная моноклинная фаза»  $\text{LaVO}_3$  с ростом размеров нанокристаллитов при синтезе из аморфного прекурсорного состояния осуществляется *циклическая* последовательность: «высокотемпературная моноклинная фаза  $\rightarrow$  низкотемпературная фаза арагонита  $\leftrightarrow$  высокотемпературная моноклинная фаза»;

- при синтезе кристаллов  $\text{YAlO}_3$  из аморфного прекурсорного состояния установлено, что малые легирующие добавки атомов лантана (La) инициируют на первых этапах кристаллизации образование высокотемпературной гексагональной модификации алюмината иттрия, в то время как равновесная фаза перовскита имеет орторомбическую ячейку. В то же время при синтезе  $\text{YAlO}_3$  без легирующих добавок на первых этапах кристаллизации образуется не перовскитная модификация, как то следует из стехиометрии прекурсора, а иттрий алюминиевый гранат  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ;

- показано, что кроме известной для микроскопических порошков фазы кальцита на первых этапах образования кристаллитов  $\text{ScVO}_3$  из аморфного прекурсорного состояния образуется фаза фатерита, известная ранее для боратов иттрия и лютеция. Эта фаза при последующем увеличении размера кристаллитов переходит в известную равновесную фазу кальцита;

- показано, что, при вакуумном отжиге исходная ромбоэдрическая фаза (пр. гр. R-3c) переходит сначала в смесь трех орторомбических фаз  $PnmaI$ ,  $PnmaII^*$  и  $PnmaII$  (общая пр. гр.  $Pnma$ ) со стехиометрическим составом, а затем при дальнейшем вакуумном отжиге наблюдается необычное флуктуационное изменение парциального соотношения орторомбических фаз для всех режимов вакуумного отжига.

РАН.

Руководитель - д.ф.-м. н. И.М. Шмытько.

**20.** Проводились исследования спектральных и структурных характеристик отожженных при разных температурах литий - боратных стекол, содержащих европий и алюминий. Обнаружено немонотонное изменение спектральных характеристик исследуемой системы при увеличении температуры отжига. После отжига при 600°C наблюдаются широкие бесструктурные полосы, присущие аморфной фазе, содержащей  $\text{Eu}^{3+}$  – ионы. Затем при  $T=700^\circ\text{C}$  появляются узкие линии в области длин волн 585-595 и 610-620 nm, соответствующие свечению  $\text{Eu}(\text{BO}_2)_3$  и  $\text{EuAl}_3(\text{BO}_3)_4$ . Дальнейшее увеличение температуры ( $T=800-900^\circ\text{C}$ ) приводит к исчезновению европий - алюминиевого бората. В спектре люминесценции этих образцов наблюдаются узкие полосы в диапазоне  $\lambda = 585-595$  nm, присущие метаборату европия. Наконец, при 1050°C эти полосы исчезают и вновь появляются узкие линии в интервале длин волн 610-620 nm, характерные для  $\text{EuAl}_3(\text{BO}_3)_4$ . Таким образом, температурный отжиг позволяет направленным образом изменять спектральные характеристики исследуемой системы в интервале длин волн 590-615 nm, что крайне важно для создания светодиодов, излучающих «белый» свет (White Light Emitting Diodes – WLED).

Следует отметить, что  $\text{EuAl}_3(\text{BO}_3)_4$ , имеет высокую интенсивность свечения, сравнимую со свечением высокоэффективных люминофоров  $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$  и  $\text{YVO}_4:\text{Eu}$ . Учитывая высокую радиационную, термическую и химическую устойчивость боратов, а также их высокую теплопроводность, соединение  $\text{EuAl}_3(\text{BO}_3)_4$  может рассматриваться в качестве перспективного яркого люминофора с высокой цветопередачей в красной области спектра для светодиодов, излучающих «белый» свет  
РАН, Программа Президиума РАН «Поддержка инноваций и разработок»  
Руководитель - д.ф.-м.н. С.З. Шмурак



**21.** Получены однофазные керамические образцы  $\text{Pr}_2\text{CuO}_4$  и  $\text{Pr}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{CuO}_3$ . Проведены эксперименты по изотопному обмену в атмосфере  $\text{O}^{18}$ . Исследованы температурные зависимости коэффициентов самодиффузии анионов кислорода и константы поверхностного обмена в новых электродных материалах  $\text{Pr}_2\text{CuO}_4$  и  $\text{Pr}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{CuO}_3$ . Показано, что новый материал  $\text{Pr}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{CuO}_3$  превосходит по своим характеристикам (коэффициент диффузии кислорода и константа поверхностного обмена) используемые в настоящее время катодные материалы среднетемпературных ТОТЭ.

Построена модель пористого электрода позволяющая понять, где локализована реакция в аноде, как зависит полное сопротивление анода от параметров материала и толщины анода. Использован принцип минимальности диссипации, согласно которому в схеме, состоящей из линейных элементов, токи распределяются таким образом, чтобы суммарные тепловые потери были минимальны.

РАН, Программа Президиума РАН «Квантовые мезоскопические и неупорядоченные структуры», Программа ОФН РАН «Физика новых материалов и структур», Программа Президиума РАН «Фундаментальные основы технологий наноструктур и наноматериалов»

Руководитель – д.ф.-м.н. С.И.Бредихин

**22.** Образцы Cu-H, содержащие до 1.5 ат.% H, синтезированы при высоком давлении водорода и исследованы методом неупругого рассеяния нейтронов (НРН) на спектрометре SEQUOIA (ORNL, США). Наиболее интересный результат – наличие в измеренных НРН спектрах при энергии 73 мэВ узкого уединенного пика локальных колебаний примеси H в меди. Это первое исследование колебаний легкой примеси в металле Ib группы – ранее с помощью НРН изучались колебания

примесных атомов только в металлах с частично заполненной d- или f-зоной.

Методом НРН на нейтронном спектрометре IN1-BeF в Институте Лауэ-Ланжевена, Франция, изучены синтезированные при высоких давлениях образцы твердых растворов водорода в ГПУ кобальте с атомным отношением Н/Со = 0.056, 0.10, 0.33 и 0.5. Наиболее интересный результат – отсутствие в растворах Со-Н какой-либо тенденции к сужению полосы оптических колебаний водорода с уменьшением его содержания. Между тем, из-за высокой симметрии ближайшего окружения атомов водорода спектр их оптических колебаний должен был бы стянуться в одну узкую линию локальной моды.

С целью определения оптимальных условий синтеза плотной кубической  $\beta$  модификации  $\text{MgH}_2$  для НРН исследования, методом закалки до  $-180^\circ\text{C}$  изучены превращения тетрагональной фазы низкого давления  $\alpha\text{-MgH}_2$  при температурах от комнатной до  $1000^\circ\text{C}$  и давлениях от 20 до 95 кбар. Вопреки имеющимся в литературе экспериментальным и теоретическим данным, в этом диапазоне температур и давлений происходило образование только орторомбической фазы  $\gamma\text{-MgH}_2$ , метастабильно устойчивой при нормальных условиях и исследованной нами ранее.

Изготовлена оснастка и отработана методика герметизации ампул высокого давления для дифференциального сканирующего микрокалориметра Perkin Elmer DSC 7. С использованием этих ампул измерены теплоты распада гидридов никеля и хрома, синтезированных при высоких давлениях водорода.

Для синтеза клатратной фазы кремния  $\text{Na}_x\text{Si}_{136}$  сконструирована и смонтирована установка вакуумного отжига, обеспечивающая вакуум  $3 \cdot 10^{-9}$  мбар в течение 24 час. Достигнутый уровень вакуума на два порядка выше минимально необходимого для получения клатратов кремния с малым содержанием натрия.

Методом волюмометрии в системе  $\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2$  построена линия фазового равновесия между открытым нами недавно водородным гидратом  $\text{C}_0$  с тригональной структурой и ромбоэдрическим гидратом  $\text{C}_1$ . В пределах экспериментальной погрешности эта линия вертикальна, проходит при давлении  $7.7 \pm 0.3$  кбар и пересекается с линиями плавления гидратов  $\text{C}_0$  и  $\text{C}_1$  в тройной точке «жидкость+ $\text{C}_0+\text{C}_1$ » при  $T = +24^\circ\text{C}$ . Методом рентгеновской дифракции изучена эволюция кристаллической структуры закаленного образца гидрата  $\text{C}_0$  в процессе его отогрева при атмосферном давлении.

Путем варьирования концентрации оптически активных примесей туллия, тербия и европия в выращиваемых монокристаллах молибдата гадолия найден оптимальный состав  $\text{Gd}_{1.91}\text{Tb}_{0.08}\text{Tm}_{0.01}(\text{MoO}_4)_3$  для люминофора, преобразующего ультрафиолетовое излучение в белый свет. У аморфного образца, полученного барической обработкой монокристалла при давлении 90 кбар и комнатной температуре, обнаружен существенный сдвиг красной границы оптического поглощения в область меньших энергий (примерно, на 1.1 эВ).

РАН, Программы ОФН РАН «Вещество при высоких плотностях энергии», «Физика элементарных частиц, фундаментальная ядерная физика и ядерные технологии».

Руководитель – д.ф.-м.н. В.Е. Антонов

**23.** Изготовлены образцы сплавов Fe–C, промышленных низколегированных сталей Fe–C–Si–Mn–Ni–Cu–Cr–Al–Ti–Nb–N и сплавов WC–Co. Проведены длительные отжиги для получения равновесной структуры зернограничных фаз. Проведен анализ полученной микроструктуры и определены доли границ зерен, полностью и неполностью смоченных второй твердой фазой в двухфазных областях диаграмм Fe–C, Fe–C–X и W–C–Co. В системе W–C–Co обнаружено принципиально новое явление – псевдонеполное зернограничное смачивание. Построены новые линии зернограничных фазовых

превращений на фазовых диаграммах Fe–C, W–C–Co и Fe–C–X. Показано, что легирующие добавки в промышленных сталях для трубопроводов облегчают формирование хрупких зернограничных прослоек цементита по сравнению с двухкомпонентными сплавами Fe–C. Получены данные о влиянии температуры на существование и свойства рёбер первого рода на границах наклона в цинке. Показано, что движение зернограничной системы с ребром – активационное, причем энтальпия активации близка по значению к энтальпии активации зернограничной диффузии.

РАН

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

**24.** Разработаны технологические методики получения кристаллов GaTe и GaS из расплава методом вертикальной зонной плавки под высоким давлением инертного газа. Впервые получены объемные монокристаллы гексагональной модификации GaTe. Структура кристаллов исследована рентгеновским анализом по методам Косселя и Лауэ.

Свойства кристаллов GaTe также изучены: а) локальным микрорентгеноспектральным анализом на цифровом электронном сканирующем микроскопе VEGA TS 5130MM оснащенный энергодисперсионным рентгеновским микроанализатором, б) оптической спектроскопией в видимом и инфракрасном диапазонах на спектрофотометрах “Specord M 40” и “Specord 75 IR” с) селективным химическим травлением с последующей оптической микроскопией высокого разрешения.

Выполненные исследования показали, что полученные монокристаллы GaTe, помимо гексагональной структуры, имеют стехиометрический состав и однородное светопропускание в диапазонах длин волн 0,76-0,9 мкм и 2,5-13 мкм, что позволяет рассматривать этот материал как перспективный для использования в нелинейных оптических генераторах инфракрасного и ТГц излучения. Определена ширина запрещенной зоны

гексагонального GaTe (1,65 эВ). Одновременно установлено, что основными механизмами роста монокристаллов гексагонального GaTe являются послойный и дендритный. Подобные механизмы ранее отмечались нами при изучении гексагонального моноселенида галлия (II). Смена механизма роста GaTe с послойного на дендритный сопровождается двойникованием полисинтетического типа. Такого явления не наблюдалось в GaSe, близком по основным свойствам к монотеллуриду галлия (II).

Проведенные исследования позволили установить условия смены режимов роста кристаллов гексагонального GaTe и определить оптимальные технологические параметры процесса получения высококачественных монокристаллов.

Для моносulfида и моноселенида галлия (II) разработана методика эксфолиации, позволяющая приготавливать слои толщиной 3-5 нм на кремниевых подложках, в т.ч. на подложках с нанолитографически нанесенными контактами

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

Руководитель – к.т.н. Н.Н. Колесников

**25.** Исследование влияния строения полифункциональных органических реагентов, нековалентно закрепленных на углеродных нанотрубках, на комплексообразование с ионами металлов

Получен композитный материал на основе многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ) и ионной жидкости (ИЖ) - гексафторфосфата 1-бутил-3-метилимидазолия. Методом электронной микроскопии охарактеризована структура и морфология исходных МУНТ и композита с ИЖ. Показано, что в композите ИЖ присутствует на поверхности МУНТ и, частично, внутри их. Рассмотрение ИК спектров исходных компонентов и композита показало, что в композите колебательные моды ИЖ смещаются на 4-12 см<sup>-1</sup> в область низких энергий по отношению к

исходной ИЖ. Обнаружено перераспределение интенсивности некоторых колебательных мод. Это указывает на взаимодействие ИЖ с поверхностью МУНТ. Наблюдаемое смягчение колебательных мод можно объяснить тем, что  $\pi$ -электроны нанотрубок экранируют взаимодействие ионов ИЖ, ослабляя тем самым колебательные связи между ними. Дополнительных линий поглощения в спектре композита обнаружено не было, что свидетельствует об отсутствии образования химических связей между МУНТ и ИЖ в композите.

Методом жидкостной экстракции исследовано влияния строения карбамоилметилфосфиноксидов  $R_2P(O)CH_2C(O)NR_2$  ( $R = C_6H_5, C_nH_{2n+1}$ ) на комплексообразование с ионами РЗЭ(III), U(VI), Th(IV) и Sr(II) в присутствии ИЖ. Установлено, что замена алкильных заместителей при атоме фосфора на фенильные сопровождается ростом экстракционной способности реагента. Увеличение длины углеводородных радикалов при атоме азота приводит к снижению экстракции ионов металлов в присутствии ИЖ. Это объяснено действием стерических факторов на бидентатную координацию в процессе комплексообразования. Отмечено, что в присутствии ИЖ эффективность экстракции ионов металлов повышается на 2-3 порядка, что объяснено увеличением гидрофобности образуемых комплексов вследствие вхождения в их состав анионов ИЖ.

Получен комплексообразующий сорбент на основе МУНТ, ИЖ и дифенил(дибутилкарбамоилметил)фосфиноксида (КМФО). Определено оптимальное мольное соотношение ИЖ : КМФО = 0.35 : 0.65. Сорбция ионов РЗЭ(III), U(VI), Th(IV) и Sr(II) уменьшается с ростом концентрации азотной кислоты в водной фазе, что связано с взаимодействием КМФО с  $HNO_3$ . Показано, что в интервале концентрации  $HNO_3$  0.1 - 3 моль/л ионы РЗЭ(III), U(VI) и Th(IV) количественно извлекаются из водной фазы. Разработана методика сорбционного концентрирования ионов металлов.

РАН

Руководитель – д.х.н. А.Н.Туранов

**26.** Получены зависимости прочности эвтектических оксидных волокон, в том числе – наноструктурированных, от скорости кристаллизации.

В исследованиях структуры границы раздела волокно-матрица в системах оксид-никель и оксид-алюминид титана определены существенные легирующие элементы и химический состав материала волокна, определяющие прочность границы раздела.

Построены модели границ раздела, определяющих длительную прочность композита с металлической матрицей и нехрупкое разрушение композита с хрупкой интерметаллидной матрицей.

Исследованы зависимость длительной прочности композита от прочности границы раздела.

РАН

Руководитель – проф. С. Т. Милейко

**27.** В направлении естественных композитов проведено исследование распределения легирующих элементов между твердым раствором и интерметаллидом в сплавах на основе системы Nb – Si в области существования эвтектики Nb – Nb<sub>3</sub>Si. Сплавы получали методом плавки во взвешенном состоянии. Структуру и состав фаз в сплавах изучали методом сканирующей электронной микроскопии, рентгеноспектрального микроанализа и рентгеноструктурного анализа. Показано, что элементы группы 4b – титан, цирконий и гафний растворяются и в интерметаллиде и в твердом растворе на основе ниобия, однако растворимость в интерметаллиде тем ниже, чем выше атомный вес легирующего элемента. Элементы группы 6b – хром, молибден и вольфрам растворяются преимущественно в твердом растворе. Полученная информация носит фундаментальный характер и может стать основой для разработки жаропрочных материалов для использования при температурах выше 1200 °С.

В результате целенаправленного легирования получены образцы сплавов с уровнем кратковременной высокотемпературной прочности 600 МПа при 1350°C.

В направлении искусственных композитов проводили исследование влияния температуры и длительности отжига на диффузионные процессы в многослойных композитах металл-металл, в которых составляющие композит металлы взаимодействуют с образованием интерметаллидов: никель – алюминий, нобий – алюминий. Структуру и состав формирующихся фаз также изучали методом сканирующей электронной микроскопии, рентгеноспектрального микроанализа и рентгеноструктурного анализа. Полученная информация также носит фундаментальный характер и может быть полезной для разработки композиционных слоистых материалов для практического использования РАН, Программа Президиума РАН «Разработка методов получения химических веществ и создание новых материалов»

Руководитель – чл.-корр. РАН М.И. Карпов

**28.** Исследованы условия синтеза сферических наночастиц аморфного кремнезёма в присутствии желатина. Модифицированным методом Штобера были получены гибридные частицы желатин/ SiO<sub>2</sub> с размерами менее 100нм. Было установлено, что при синтезе частиц в присутствии желатина в 2-4 раза увеличивается разброс частиц по размеру по сравнению с частицами, полученными без желатина. Гибридные наночастицы SiO<sub>2</sub>/желатин/SiO<sub>2</sub> синтезированы в два этапа. На первом этапе на поверхность частиц кремнезёма наносили слой желатина путём обработки их в желатиновом растворе. На следующем этапе синтеза проводили доращивание полученных гетерочастиц дополнительным слоем диоксида кремния. Доращивание проводили гетерогенным синтезом кремнезёма с использованием L-аргинина (5,7 мМ) в качестве катализатора. Полученные частицы продемонстрировали повышенную



термостабильность за счет образования связей на интерфейсе между органическими и неорганическими молекулами системы.

Анализ микро и мезопористой системы частиц диоксида кремния, синтезированных при различных концентрациях аргинина, методом газовой адсорбции – десорбции (азот, 77К) выявил микропоры размером 1.3 нм и мезопоры трех размеров 3.1 нм, 5.1 нм и 7.0 нм для частиц размером 12 нм. Предполагается, что все мезопоры (3.1, 5.1, 7,0 нм) относятся к межглобулярным пустотам. Показано, что при синтезе частиц диаметром 100 нм увеличение концентрации аргинина до 150 мМ приводит к образованию только мезопор размером 4 -5 нм. Синтезированы наночастицы диоксида кремния с использованием органических темплат, таких как фибриллярный коллаген и лигнин. Исследования микро и мезопористой структуры частиц находятся в процессе.

РАН

Руководитель – проф. Г.А. Емельченко

**29.** Методами сканирующей электронной микроскопии, комбинационного рассеяния света и фотолюминесценции исследованы структурные дефекты в монокристаллах карбида кремния 6H-SiC, выращенных методом PVT. Показано, что зарождение микротрубок инициируется кластерами металлов примесей, а также паразитными политипами. Методом фотолюминесценции при низкой температуре идентифицированы дефекты упаковки пяти различных политипов в объеме монокристалла 6H-SiC.

Исследована морфология и механизмы роста нанокристаллов SiC, полученных методом карботермического восстановления коллоидного диоксида кремния с использованием коллоидного графита при температурах 2100К и 2200К. Показано, что при температурах 2100-2200К в сравнении температурой 1700К наностержни SiC не образуются. При температуре процесса 2200К изменяется состав паровой фазы в

тигле. В результате наблюдается массовая кристаллизация ограниченных спонтанных кристаллов SiC на поверхности волокон углеродного войлока.

Получена опытная партия слоев полупроводникового карбида кремния на подложке из углеродной фольги по способу двух формообразующих элементов в непрерывном режиме вытягивания. Средний размер хорошо ограниченных кристаллов SiC n-типа проводимости составляет 30 – 50 мкм.

Показана возможность синтеза карбида кремния из порошка, содержащего 51 - 62% масс. диоксида кремния и 49 - 38% масс. углерода, в интервале температур 1200 – 1900<sup>0</sup>С. Полученный порошок карбида кремния содержит два политипа 3С и 6Н- SiC. Параметры элементарной ячейки составили для 3С-  $a = 0.4359$  нм, для 6Н -  $a = 0.3082$  нм и  $c = 1.511$  нм.

Разработан и реализован процесс получения пленок нового композиционного углеродного материала при пиролизе метана в слабом электрическом поле на подложках кремния и никеля. Синтезируемый материал состоит из кластеров углерода кубической структуры с характерным размером 4-10 нм, распределенных в матрице углерода базоцентрированной тетрагональной структуры. Микротвердость этого материала составляет 60-80% от твердости природного алмаза.

РАН, Программе фундаментальных исследований Отделения физических наук РАН П.5. «Физика новых материалов и структур»

Руководитель – проф. Г.А. Емельченко

**30.** Проведена оптимизация режимов получения биоморфной карбидокремниевой микроканальной керамической матрицы и композитов на ее основе. Проведено исследование смачивания керамики на основе карбида кремния расплавами металлов (медь, алюминий, кобальт, олово) и металлических сплавов на основе Al-Si. Для улучшения смачивания карбида кремния металлами и металлическими сплавами использовались легирующие компоненты, например, титан и цирконий,

которые образуют переходные карбидные слои между керамикой и расплавом, улучшают смачивание и увеличивают химическую стойкость карбида кремния в расплаве. Получены композиты на основе биоморфной карбидокремниевой матрицы: SiC-Si, SiC-AlSiFe, SiC-AlSiNi, SiC-SnSi. Исследованы термоударная прочность и механические свойства биоморфных керамик и композитов (прочность на сжатие и изгиб). Показано, что КТР биоморфных композитов занимает промежуточное значение между КТР карбида кремния и металлов (или сплавов). Исследована межфазная граница карбид кремния – металл/сплав.

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

Руководитель – д.т.н. В.Н. Курлов

**31.** Разработан сапфировый зонд сапфира с продольными открытыми и закрытыми каналами для одновременной флуоресцентной диагностики состояния ткани, коагуляции и аспирации при проведении хирургических операций по удалению глиом головного мозга. Проведено исследование закономерностей распределения лазерного излучения и индуцированной флуоресценции на границе сапфирового зонда и биоткани. Проведено моделирование преобразования пучков преобразуемых сапфировым зондом. Экспериментальное измерение яркости светового поля на торце зонда показало хорошее соответствие расчетных и измеренных параметров светового поля. Проведены эксперименты по лазернотермической коагуляции биоткани и флуоресцентной диагностике состояния биоткани. Разработана система удаления опухоли головного мозга с одномоментной флуоронавигацией границ опухоли. Проведены успешно клинические испытания разработанного сапфирового зонда в нейрохирургическом отделении ГУ Московского областного научно-исследовательского клинического института им. М.Ф. Владимирского (МОНИКИ).

РАН

Руководитель – д.т.н. В.Н. Курлов

## П.10

### **Современные проблемы радиофизики и акустики, в том числе фундаментальные основы радиофизических и акустических методов связи, локации и диагностики, изучение нелинейных волновых явлений**

**32.** Выполнены эксперименты по изучению условий генерации низкочастотных субгармоник в системе волн на поверхности жидкого водорода. Наблюдено формирование половинной гармоники при наличии развитого прямого турбулентного каскада. Амплитуда субгармоники экспоненциально возрастает со временем и выходит на некоторую константу, определяемую условиями диссипации энергии. Показано, что характерное время изменения мод в прямом каскаде значительно отличается от вязкого времени на частоте накачки и на частоте субгармоники. Полагается, что такое отличие связано с доминированием нелинейного механизма в передаче энергии по каскаду.

Изготовлена ячейка для исследования влияния формы краевых условий на турбулентное распределение в системе капиллярных волн на поверхности жидкого водорода. Выполнены эксперименты по наблюдению турбулентных каскадов на поверхности жидкого водорода в прямоугольной ячейке.

Проведена модернизация методики по наблюдению турбулентных распределений на поверхности воды. В дополнении к оптической регистрации волн на поверхности жидкости развита техника для построения турбулентных каскадов при одноточечном измерении колебаний поверхности как функции времени. Подготовлена и отправлена статья в печать, в ПТЭ.

Проведены эксперименты по когерентному контролю фононных и связанных фонон-плазмонных мод в арсениде галлия р- и n-типа. Также реализован когерентный контроль акустических фононов в теллуриде цинка.

Собрано новое метаматериальное многослойное покрытие на основе фольгированного гибкого диэлектрического материала. Получены

картины распределение поля и диаграммы направленности прошедшего через метаматериальный образец СВЧ-излучения в диапазоне частот от 7 ГГц до 12 ГГц.

Внесены изменения в обрабатывающую программу: созданы версии программы, строящие картины поля на чёрном фоне («с чёрным нулём»), а также версии программы, оценивающие средний уровень сигнала, принимаемый далее за «ноль». Такие программы позволяют строить картины поля как с обычным «зелёным нулём» (классические цветовые функции), так и «с чёрным нулём».

Получены также картины поля без применения интерферометра, что было невозможно сделать ранее по техническим причинам (отсутствие необходимых СВЧ-компонентов).

РАН, Программа Президиума РАН «Квантовая физика конденсированных сред»  
Программа Президиума РАН «Фундаментальные проблемы нелинейной динамики»

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

Экспериментально исследованы процессы переноса энергии в системе волн второго звука в условиях дискретизации, когда собственные частоты стоячих волн определяются параметрами резонатора. Изучение передачи энергии при выключении внешней накачки показало, что в процессе затухания колебаний на частоте накачки основным является процесс передачи энергии вдоль спектрального диапазона от частоты накачки в область высоких частот, где и происходит вязкостное затухание. Затухание колебаний, определяемое добротностью изготовления резонатора оказалось в несколько раз меньше эффекта передачи энергии в кратные частоты.

Программа РАН «Фундаментальные проблемы нелинейной динамики в математических и физических науках»

Руководитель – д.ф.-м.н. В.Б.Ефимов

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

1. Исследованы дислокационные структуры в кремнии, возникающие в результате несовпадения решеток при относительном вращении соединяемых пластин в плоскости (100) и несовпадением по углу наклона плоскости пластин к нормали [001].

Рентгенодифракционным методом установлено, что деформационная обработка поверхности металлических образцов (Cu, Al, Ni) может приводить к улучшению кристаллической структуры.

Исследованы композиты из неорганических наночастиц и биополимеров. Обнаружено, что в биополимерах происходит дополнительное структурное упорядочение.

Исследованы спектральные и структурные характеристики литий - боратных стекол. Обнаружено немонотонное изменение спектральных характеристик исследуемой системы при увеличении температуры отжига.

Определены оптимальные процедуры получения регулярных моноатомных систем с периодом 11nm на поверхности Si(556) и тройных ступеней с периодом 4.7nm на поверхности Si(557).

При помощи низкотемпературного СТМ исследован процесс окисления поверхности Mo(110).

Предложен оптический метод регистрации волн на поверхности прозрачных жидкостей.

НШ-6453.2012.2

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

2. Исследованы когерентные свойства бозе-конденсата диполярных экситонов в квантовых ямах, экситонных поляритонов в микрорезонаторах и законы дисперсии коллективных спиновых и

магнитоплазменных возбуждений в двумерной электронной системе в режиме квантового эффекта Холла.

НШ-6004.2012.2

Руководитель – акад. РАН В.Б. Тимофеев

3. Отработана технология приготовления электродных паст требуемой вязкости и однородности для последующего нанесения их на пленки несущего электролита методом трафаретной печати. Определены оптимальные соотношения связующего и исходного порошка в анодной и катодной пастах. Произведен выбор порообразователя для токосъемных электродных паст. Создан лабораторный испытательный газотемпературный стенд для исследования электрохимических характеристик мембранно-электродных блоков ТОТЭ размером 50x50мм<sup>2</sup> и прототипов батарей ТОТЭ в широком диапазоне температур и в зависимости от состава газовой атмосферы и скорости газовых потоков.

Грант Министерства образования и науки Российской Федерации №8707

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

4. Обнаружена тенденция к насыщению температурных зависимостей сопротивления в квазиклассическом двумерном точечном контакте в интервале от 2 К до 4.2К. Эффект качественно объяснен влиянием межэлектронного рассеяния. Предложено обобщение теоретической модели на случай сильного рассеяния и проведен численный расчет, дающий хорошее согласие с экспериментом. Обнаружена температурная зависимость фактора Фано в двумерном Моттовском изоляторе, связанная с критическим поведением в образце конечного размера.

Грант Президента РФ МК-3102.2011.2

Руководитель - к.ф.-м.н. В.С. Храпай

5. Данный проект был направлен на решение одной из фундаментальных проблем материаловедения, технологических и инженерных наук:

изучение фазовых превращений в системах низкой размерности с целью создания материалов с заданными физическими свойствами. А именно: изучение условия формирования и структуру зернограничных прослоек в результате фазового перехода "смачивания" второй твердой фазой в сплавах на основе алюминия (Al–Zn, Al–Mg, Al–Mg–Zn).

В ходе работы были получены следующие результаты:

- разработаны оптимальные условия термомеханической обработки;
- получены образцы с требуемыми характеристиками структуры;
- получены данные о зернограничных фазовых переходах, происходящих в исследуемых образцах: температура начала процесса, конца превращения, тепловой эффект;
- исследованы закономерности изменения структуры и свойств сплавов в зависимости от количества второго компонента сплава;
- построены коноды фазового перехода смачивания в исследуемых системах;
- построены в однофазной области (Al) на фазовых диаграммах Al–Zn, Al–Mg линии зернограничного сольвуса;

Все результаты, полученные в данном проекте, внесут значительный вклад в разработку научных основ создания наноструктур с заданными физическими свойствами.

Грант Президента РФ МК-3748.2011.2

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

б. В серии полярных жидких кристаллов с различной шириной полярных фаз исследованы электрооптические эффекты, связанные с перестройкой наноразмерной структуры под действием электрического поля. Проведены измерения интенсивности пропускания жидкокристаллических ячеек. В тонких полярных плёнках жидких кристаллов впервые определена структура 2п-стенок в электрическом поле, ориентация поля молекулярного упорядочения в стенках. Показано, что структура 2п-стенок описывается теорией, учитывающей различие



упругости продольного и поперечного изгиба двумерного поля молекулярного упорядочения. Полученные результаты сопоставлены с результатами проведенных автором измерений структуры стенок в магнитном поле в неполярных смектических плёнках.

С использованием дискретной теории фазовых переходов Ландау рассчитаны фазовые диаграммы полярных жидких кристаллов, включающие экспериментально известные сегнетоэлектрическую, сегнетиэлектрические и антисегнетоэлектрические смектические структуры с наноразмерной периодичностью. Определены области стабильности различных структур и их зависимость от величины внешнего поля. Результаты расчётов сопоставлены с экспериментальными данными.

Грант Президента Российской Федерации МК-2458.2011.2

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

7. Предложен метод вычисления стационарного оптического отклика микрорезонатора в режиме сильной экситон-фотонной связи и пороговых характеристик мультстабильной поляритонной системы с учетом эффекта Зеемана в магнитном поле. Предложена принципиальная схема переключения режима отклика микрорезонатора в магнитном поле. Изучены свойства (интенсивность и поляризация) сигнала пропускания, пороговым образом меняющегося по достижении критических плотностей возбуждения, от величины магнитного поля.

Грант Президента РФ МК-6863.2012.2

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

8. Исследованы излучение “плазмонных” структур на основе гетероструктур с CdSe/ZnSe квантовыми точками на глубине 7- 15 нм с золотыми кольцевыми наноантеннами. Разработана технология изготовления кольцевых золотых наноантенн с размерами: внешний диаметр – 120-160 нм, внутренний диаметр – 60 – 80 нм и толщина – 30

нм. Найдено, что связь плазмонных колебаний с экситонами в квантовых точках существенно увеличивается, если поместить квантовую точку на одной глубине (внутри) с металлической антенной. Разработана технология для совмещения квантовой точки и металлической антенны. Измерены интенсивности излучения CdSe/ZnSe квантовых точек в структурах с и без золотых наноплазмонных антенн и получено увеличение квантового выхода в структурах с наноплазмонными антеннами в 3 раза. Найдено, что эффект увеличивается с уменьшением диаметра антенны во всей освоенной области до 120 нм. Найдено, что для увеличения эффекта нужно уменьшить диаметр антенн.

Госконтракт 1-12-7

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

9. С помощью метода жидкой керамики синтезированы пленки чистого оксида цинка и пленки ZnO, легированные марганцем, железом и кобальтом в интервале концентраций от 0 до 40 масс. %, на монокристаллических сапфировых подложках и поликристаллических алюминиевых подложках. Они обладали ферромагнитными свойствами, поскольку удельная площадь границ зерен в них выше критической.

Установлено, что оксид цинка становится ферромагнитным только, если удельная площадь границ зерен  $s_{GB}$ , приходящаяся на единицу объема, выше некоторого критического значения  $s_{th}$ . Определено  $s_{th}$  для чистого оксида цинка и оксида цинка, легированного кобальтом, марганцем и железом. Ферромагнетизм в чистом оксиде цинка наблюдается только при очень высокой плотности границ и крайне мелких зернах размером менее  $d = 10^{-8}$  м. Критическое значение удельной площади границ зерен, приходящейся на единицу объема, необходимое для появления ферромагнетизма, последовательно уменьшается в ряду «чистый оксид цинка» → «оксид цинка, легированный кобальтом» → «оксид цинка, легированный марганцем» → «оксид цинка, легированный железом»

Измеренные зависимости намагниченности насыщения от концентрации марганца и кобальта немонотонны. Вид зависимости намагниченности насыщения от концентрации марганца и кобальта отличается для нанокристаллического ZnO, синтезированного разными методами. Это, по всей видимости, связано с разной топологией зернограничной сети («ферромагнитной зернограничной пены») в поликристаллах ZnO.

Исследования с помощью просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения, показали, что в оксиде цинка, легированном марганцем, кристаллические нанозерна ZnO с вюрцитной решеткой разделены аморфными прослойками, толщина которых растет с увеличением концентрации марганца. Не только удельная площадь границ зерен в единице объема нанокристаллического оксида цинка определяет его ферромагнитное поведение. Намагниченность насыщения зависит от текстуры пленок, а значит – от распределения границ зерен по разориентациям и ориентациям.

РФФИ 10-02-00086

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

10. Разработана новая методика измерения спиновой поляризации двумерной электронной системы в ультраквантовом пределе (для электронов, заполняющих только нижайший уровень Ландау), использующая анализ спектральных характеристик резонансного Релеевского рассеяния света.

РФФИ 10-02-00131

Руководитель – к.ф.-м.н. В.Е. Бисти

11. Исследован масштаб дальнего действия поверхностного усиления рамановского рассеяния вблизи поверхности серебряных наноструктур на основе двумерных массивов наночастиц. Установлено, что вопреки сложившейся точки зрения, согласно которой эффект гигантского

усиления рамановского рассеяния является чрезвычайно короткодействующим и исчезает на расстояниях около 1-2 нм, в наших экспериментах масштаб дальнего действия был на порядок больше и составлял 30-50 нм. Для измерения дальнего действия были изготовлены наноструктурированные подложки с многослойной Ag/SiO морфологией, на поверхность которых наносился слой диэлектрического спейсера с контролируемой толщиной. Изучался сигнал поверхностно-усиленного рамановского рассеяния с органических молекул, наносимых на поверхность спейсера. Было обнаружено, что в диапазоне от 0 до 30 нм зависимость величины сигнала от толщины спейсера является слабо убывающей функцией (с менее чем двукратным ослаблением), а при дальнейшем увеличении толщины спейсера характер зависимости становится резко убывающим. Таким образом, сделан вывод о том, что вне зависимости от типа тестовых молекул характерный масштаб дальнего действия электромагнитного механизма поверхностного усиления рамановского рассеяния для двумерных серебряных наноструктур составляет 30 нм. Этот масштаб расстояний связан с глубиной проникновения поверхностных плазмонных поляритонов в материал диэлектрика. Одно из важных следствий данного результата состоит в применении инструмента поверхностно-усиленного рамановского рассеяния для изучения спектра элементарных возбуждений в низкоразмерных системах носителей, сформированных в твердотельных наноструктурах на некоторой глубине от поверхности, на которую нанесена усиливающая сигнал металлическая наноструктура. Кроме того, экспериментально исследован спектр элементарных возбуждений в двумерных электронных системах в квантовых ямах на основе InAs/AlSb шириной 15 нм и 18 нм. В спектре неупругого рассеяния света обнаружены линии межподзонных коллективных возбуждений.

РФФИ - 10-02-0166-а

Руководитель – к.ф.-м.н. А. Б. Ваньков

12. Проведено сравнительное исследование микроструктуры, образующейся на ранней стадии кристаллизации аморфных микропроводов в стеклянной оболочке и аморфных лент того же состава, подвергнутых интенсивной пластической деформации. Показано, что фазовый состав и особенности микроструктуры определяются напряжениями. Исследовано влияние термообработки и деформации на начальные стадии кристаллизации аморфных сплавов на основе алюминия и показано, что при термическом воздействии формирующаяся структура не зависит от состава аморфной фазы, в то время как при деформации возможно как расслоение аморфной фазы, так и образование нанокристаллов. Определены области стабильности наноструктуры в сплавах группы Al-TM-RE.

РФФИ 10-02-00195

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

13. Экспериментально исследован вопрос о реальности критического возрастания массы в электронных системах с сильным взаимодействием. В качестве измеряемой величины выбрана диффузионная термоЭДС, слабо чувствительная к рассеянию электронов примесями. Проведенные измерения однозначно свидетельствуют в пользу критического поведения массы. Экспериментально обнаружено влияние электрон-электронного рассеяния на транспортные свойства широких баллистических контактов в двумерном электронном газе.

РФФИ 10-02-00198

Руководитель – д.ф.-м.н. А.А. Шашкин

14. Изучены гибридные системы, состоящие из наночастиц серебра, внедренных в органический полупроводник – фталоцианин меди (CuPc). Высокоориентированные тонкие органические молекулярные пленки CuPc были выращены на атомарно-чистой поверхности Au (001) в условиях сверхвысокого вакуума. Формирование гибридной системы

осуществлялось также в условиях сверхвысокого вакуума ( $1-3 \times 10^{-10}$  Торр) путем термического напыления Ag на органическую подложку, поддерживаемую при комнатной температуре. Для исследования морфологии и электронных свойств Ag/CuPc гибридных систем использован комплексный подход - комбинация метода просвечивающей электронной микроскопии (TEM, HRTEM), а также поверхностно и объемно чувствительных спектроскопических методов, таких как рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (XPS), метод абсорбции рентгеновского излучения вблизи края поглощения (NEXAFS) и др. с использованием источников синхротронного излучения, метод дифракции медленных электронов (LEED). Обнаружено, что благодаря поверхностной и объемной диффузии атомов Ag, нанесенных на тонкую пленку CuPc, формируются наночастицы серебра, имеющие трехмерное распределение в объеме органического полупроводника. Были изучены электронная структура заполненных и пустых состояний гибридных Ag/CuPc систем, выравнивание уровня энергии на границах между наночастицами серебра и органическим полупроводником, а также химическое взаимодействие на этой границе. Установлено, что когда степень покрытия при осаждении серебра достаточно высока, на поверхности CuPc формируется металлическая пленка. При этом не было обнаружено ни перемешивания, ни заметной химической реакции или взаимной диффузии.

РФФИ 10-02-00269

Руководитель - к.ф.-м.н. И.М. Аристова

15. На основании наблюдений спектра спиновых возбуждений с помощью методики неупругого рассеяния света было выдвинуто предположение, что основным состоянием холловского ферромагнетика с зарядовыми дефектами, образованными либо недостатком, либо избытком электронной плотности, является спин-текстурная жидкость. В спектре возбуждений жидкости обнаружены новые целевые ветви, связанные с

коллективной прецессией электронного спина в эффективном магнитном поле, создаваемым спиновыми текстурами. Новые ветви возбуждений ведут себя аналогично циклотронным возбуждениям, но не во внешнем магнитном поле, а в некоем фиктивном магнитном поле пропорциональном плотности текстур. Соответственно ‘эффективная масса’ коллективных спиновых возбуждений определяется степенью поляризации электронной системы и величиной обменного взаимодействия.

РФФИ 10-02-00274

Руководитель – к.ф.-м.н. В.Е.Кирпичев

16. Проведено исследование пространственных корреляций сигналов рэлеевского рассеяния и люминесценции в режиме квантового эффекта Холла при факторе заполнения 2. Обнаружен фазовый переход в состояние несжимаемой электронной жидкости. Определена фазовая диаграмма существования несжимаемого состояния двумерных электронов.

РФФИ 10-02-00506

Руководитель – к.ф.-м.н. М.В. Лебедев

17. Проведено исследование нагрева спиновой подсистемы ионов Mn лазерными импульсами в квантовой яме (КЯ) 2-го типа в гетероструктурах Zn(Mn)Se/BeTe в широком диапазоне оптической накачки. Показано, что нагрев магнитной подсистемы ионов Mn при низких уровнях накачки существенно различается для образцов с разной шириной слоев Zn(Mn)Se, а при высоких – практически сравнивается. Наблюдаемые зависимости нагрева подсистемы ионов Mn от уровня оптической накачки объясняется как временем ухода фотовозбужденных дырок из слоя Zn(Mn)Se в слой BeTe, так и временем их термализации при сильном изгибе зон в образцах различной шириной слоев Zn(Mn)Se.

Методом разрешенного во времени керровского вращения исследовались процессы спиновой поляризации и спиновой релаксации носителей в образцах  $(\text{Cd,Mn})\text{Te}/(\text{Cd,Mg,Mn})\text{Te}$  и образцах р-типа  $\text{ZnSe}/\text{ZnMgSSe}$  с одиночной КЯ в конфигурации магнитного поля Фойгта. Для образца  $(\text{Cd,Mn})\text{Te}/(\text{Cd,Mg,Mn})\text{Te}$  наблюдалась зависимость фазы осцилляции спина Mn от длины волны возбуждающего импульса. Она изменялась нелинейным образом на величину  $\pi/2$  при изменении энергии фотона накачки между экситонным и трионным состояниями. Для образца  $\text{ZnSe}/\text{ZnMgSSe}$  р-типа при резонансном возбуждении трионов наблюдались сравнительно медленные осцилляции с g- фактором дырок. В экситонной области спектра наряду с биением спина дырок обнаружены быстро осциллирующие биения, обусловленных прецессией спина электронов.

РФФИ 10-02-00549

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

18. Выполнены исследования микроволнового фотоотклика в магнетосопротивлении двумерных и квази-двумерных электронных систем с плавно изменяемой электронной плотностью, создаваемых в гетероструктурах  $\text{GaAs}/\text{AlGaAs}$  с затвором в виде встроенного в гетероструктуру легированного слоя. В такой структуре удавалось плавно изменять форму потенциальной ямы, переходя от заполнения одной подзоны размерного квантования к заполнению двух подзон. Было обнаружено, что в фотоотклике электронной системы в дополнение к индуцированным излучением осцилляциям магнетосопротивления положение которых соответствует положению гармоник циклотронного резонанса и не зависит от плотности электронов, при переходе к заполнению двух подзон размерного квантования появляются осцилляции, положение которых связано с разностью плотностей электронов в подзонах. Такие осцилляции существуют и в отсутствие микроволнового излучения. Микроволновое излучение может



существенно увеличивать амплитуду этих осцилляций и приводить к их биениям. Подобные осцилляции наблюдались ранее в квазидвумерных системах (двойных и широких квантовых ямах) постоянной плотности и впервые исследованы в системах с плавно изменяемой плотностью электронов. Разработан метод определения ширины уровней Ландау, основанный на измерении магнитного поля, при котором исчезает фотоотклик на микроволновое излучение малой мощности. Этот метод позволяет измерять зависимость ширины уровня от магнитного поля и температуры. Выполнены измерения ширины уровней на образцах различного качества.

РФФИ 10-02-00761

Руководитель – д.ф.-м.н. С.И.Дорожкин

19. Проведено исследование односвязных и многосвязных структур с джозефсоновскими контактами сверхпроводник-ферромагнетик-сверхпроводник (SFS-переходами). Начаты микроволновые исследования структур с джозефсоновскими контактами с помощью "on-chip-структур" со сверхпроводящими ниобиевыми полосковыми резонаторами. Исследован СВЧ-отклик отдельных ферромагнитных слоев и SFS-переходов. Подтверждена возможность использования магниторезистивных откликов SFS структур для реализации на их основе быстродействующих переключателей для сверхпроводящей цифровой и квантовой электроники.

РФФИ 10-02-00895

Руководитель – проф. В.В. Рязанов

20. Исследования структуры примесных гелей тяжелой воды и дейтерия в жидком гелии методом малоуглового упругого рассеяния холодных нейтронов продемонстрировали, что характерные размеры водяных кластеров в свежеприготовленных образцах геля тяжелой воды

составляют 10-15 нм, в то время как размеры дейтериевых кластеров, образующих дисперсионную систему (каркас) геля лежат в довольно широких пределах от нескольких нм до 150 нм. Нагрев примесных гелей до температур, выше точки кипения жидкого He-4 при атмосферном давлении  $T=4.2$  К приводит к распаду гелей и образованию мелкодисперсного ледяного порошка в экспериментальной ячейке. Изучение внутренней структуры порошка, образующегося при распаде геля обычной воды, методами рентгеновской дифрактометрии показали, что при температурах жидкого азота, порядка 70-80 К, порошок состоит из смеси аморфной фазы и нанокристаллов метастабильного кубического льда. Отжиг образца при температурах выше 110К приводит к исчезновению аморфной фазы и образованию в объеме нанокристаллов кубического и обычного гексагонального льда. Выше 200 К в объеме порошка преобладают кристаллы гексагональной фазы характерными размерами порядка 100 нм. Сравнение с известными литературными данными по фазовым переходам во льде при малых давлениях и низких температурах показало, что переход от массивных ледяных кристаллов размерами до см к нанокристаллам сопровождается повышением скорости фазового перехода ОЦК- ГПУ при температурах вблизи 150 К на несколько порядков. Последнее может оказаться существенным, например, при обсуждении фазовых переходов в ледяных кометах.

РФФИ 10-02-00906

Руководитель - проф. Л.П. Межов-Деглин

21. Посредством методики ЭПР исследовался g-фактор электрона в двумерных заряженных GaAs/AlGaAs квантовых ямах различной ширины. Показано, что в GaAs/AlGaAs квантовых ямах с направлением роста [001] g-фактор представляет собой тензор с двумя независимыми компонентами в симметричной гетероструктуре и с тремя – в асимметричной яме, при этом главными осями тензора g являются

кристаллографические направления  $[001](Oz)$ ,  $[110](Ox)$  и  $[1-10](Oy)$ . Все компоненты  $g$  зависят от поля, приложенного перпендикулярно слою двумерных электронов, а тензор  $a$ , описывающий линейные по магнитному полю поправки к  $g$ , имеет, по меньшей мере, три ненулевые компоненты, а именно  $axxz$ ,  $ayuuz$ ,  $azzz$ . При этом  $axxz$  и  $ayuuz$  практически равны в симметричной яме и сильно различаются в асимметричной гетероструктуре. Показано, что  $gzz$  и  $azzz$  определяются величиной запрещенной зоны квантовой ямы. При некоторой энергии запрещенной зоны значение  $gzz$  проходит через ноль, меняет знак, при этом величина  $azzz$  остается конечной. В исследованных образцах магнитное поле необходимое для смены знака  $gzz$  уменьшается с ростом энергии запрещенной зоны. Обнаружено, что в широких асимметричных квантовых ямах  $g$ -фактор сильно анизотропен в плоскости структуры, а при сужении ямы анизотропия уменьшается. Компоненты тензора  $a$ , как оказалось, сильно зависят от ширины квантовой ямы. При сужении ямы компоненты  $azzz$  и  $ayuuz$  постепенно уменьшаются. Напротив, величина  $axxz$  растет при уменьшении ширины ямы. В узких квантовых ямах магнитное поле необходимое для обращения  $gxx$  в ноль значительно меньше поля, при котором  $gzz$  достигает нуля.

РФФИ 10-02-01083

Руководитель – к.ф.-м.н. Ю.А.Нефёдов

22. Методом ЯМР исследована взаимосвязь магнетизма и проводимости в органическом металле  $k\text{-(BETS)}_2\text{Mn}[\text{N}(\text{CN})_2]_3$ , который при атмосферном давлении становится изолятором при температуре ниже  $T_{\text{ми}} \sim 23$  К, а под давлением  $\sim 0,5$  кбар — сверхпроводником при температуре ниже  $T_{\text{с}} \sim 5$  К. Обнаружено, что при атмосферном давлении подсистема локализованных электронных спинов  $\text{Mn}^{2+}$  остаётся в основном парамагнитной при  $T < T_{\text{ми}}$ , в то время как локализация электронов проводимости на переходе металл-изолятор сопровождается

установлением между ними дальнего антиферромагнитного порядка. Лёгкая ось магнитной структуры находится в кристаллографической плоскости (ac) под углом  $-15^{\circ} \pm 10^{\circ}$  от кристаллографической оси a. Антиферромагнитная структура относится к т.н. «скошенному» типу, т.е. характеризуется небольшим спонтанным магнетизмом в направлении оси b, перпендикулярном лёгкой оси. Под давлением  $\sim 0,5$  кбар, подавляющим переход металл-изолятор, свойства спиновой системы электронов проводимости сохраняют металлический характер вплоть до температуры 5 К. Полученные данные указывают на то, что переход металл-изолятор в данной системе обусловлен взаимодействиями между электронами проводимости, а не влиянием подсистемы локализованных электронных спинов  $Mn^{2+}$  на проводящую электронную систему.

РФФИ 10-02-01202

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

23. Проведено исследование эффекта близости в многослойных джозефсоновских переходах с ферромагнитным барьером Nb-PdFe-Nb. Построена зависимость критической плотности тока от толщины слоя PdFe в диапазоне 30-45 нм, а также измерены температурные зависимости критического тока изготовленных образцов. Разработана методика измерения температурной зависимости критической плотности тока для переходов с магнито-мягким ферромагнитным барьером, обладающих магнитным гистерезисом. Продемонстрировано наличие 0-пи перехода при толщине около 42 нм путем наблюдения возвратных температурных зависимостей критического тока. Проведено исследование эффекта близости в джозефсоновских переходах Nb-CuNi-Nb с содержанием никеля 46%. Получена оценка характерного масштаба подавления сверхпроводимости в данном материале. Показано, что температурные зависимости критического тока образцов близки к экспоненциальным, что говорит о незначительном вкладе рассеяния с переворотом спина.

Получена оценка частоты процессов рассеяния с переворотом спина в данном сплаве.

РФФИ 10-02-01231

Руководитель – к.ф.-м.н. В.В. Больгинов

24. Проведены исследования температурных и магнитопольевых зависимостей сопротивления новых гибридных материалов  $\beta\text{eta}''\text{-(BEDT-TTF)}_4\text{K}_x(\text{H}_3\text{O})_{1-x}[\text{Ga}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]\cdot\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$ . Установлено, что они являются металлами вплоть до 0.4 К, и на их магнитосопротивлении при низких температурах наблюдаются шубниковские осцилляции сложного гармонического состава.

Измерены температурные зависимости сопротивления образцов новых органических проводников на основе доноров BETS, содержащих в анионном слое парамагнитные ионы Mn и Co. Наблюдался переход металл-диэлектрик при  $T=28\text{K}$ , который подавлялся гидростатическим давлением  $> 0.5$  кбар. Образец при этом становился сверхпроводящим с  $T_c=4.3$  К.

На частоте 37 ГГц в широком интервале температур измерены компоненты поверхностного импеданса сверхпроводников (Nb и V3Si) от величины магнитного поля до 18 Тл с помощью сапфирового резонатора. Построены зависимости верхнего критического поля  $H_{c2}(T)$  от температуры.

Исследованы температурные зависимости поверхностного импеданса и микроволновой проводимости кристаллов  $k\text{-(BEDT-TTF)}_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]\text{Br}$  в интервале температур  $0.5\text{K}<T<100\text{K}$ .

РФФИ 11-02-12071-офи-м-2011

Руководитель – академик В.Ф. Гантмахер

25. Впервые экспериментально наблюдается взаимодействие переменного теплового объемного потока (волны второго звука) со свободной поверхностью сверхтекучего гелия-4 в прямоугольном контейнере.

При пропускании через нагреватель переменного электрического тока, в объеме He-II возникает температурная волна, представляющая собой переменный противоток нормальной и сверхтекучей компонент жидкости. При малых мощностях, выделяемых на нагревателе, на поверхности возникает поверхностная волна на частоте волны второго звука. При повышении амплитуды накачки на поверхности возбуждается дополнительная волна на половинной частоте. Наблюденные особенности обусловлены движением нормальной и сверхтекучей компонент под поверхностью жидкости, которое создает переменное гидростатическое давление, возбуждающее поверхностные колебания.

РФФИ 11-02-12147

Руководитель – академик И.М. Халатников

26. Исследованы свойства фотонных кристаллов спроектированных для фильтрации электромагнитного излучения в субтерагерцовой области частот. Обнаружен высокодобротный резонанс в фотоотклике детектора микроволнового излучения, работающего на ректификации плазменных волн в двумерной электронной системе, который размещен в резонаторной полости фотонного кристалла. Как детектор, так и фотонный кристалл изготавливались на основе гетероструктуры GaAs/AlGaAs в едином технологическом процессе. Исследованы зависимости обнаруженного резонанса от периода фотонного кристалла, от размера сквозных отверстий, образующих фотонный кристалл, от геометрии микрорезонатора и от положения детектора внутри резонатора. Исследованы зависимости ширины запрещенной зоны и ее частотного положения от параметров фотонного кристалла. Показано, что обнаруженное явление может быть использовано для создания миниатюрного спектрометра на чипе, работающего в субтерагерцовой области частот.

Исследованы свойства квантования пространственного движения экситонов в широких квантовых ямах. С этой целью в широком

температурном интервале изучены спектры отражения и фотолюминесценции в нелегированных ультрашироких (150 нм и 250 нм) квантовых ям GaAs/AlGaAs. Продемонстрировано, что спектральные особенности, ранее приписанные квантованию движения тяжелодырочного экситона в z-направлении, хорошо соотносятся с энергиями квантования легких дырок. Более того, оптические спектры показывают очень схожие особенности при температурах, превышающих энергию диссоциации экситона.

РФФИ - 11-02-00064

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

27. Авторы разработали оптическую методику создания неравновесной системы спиновых экситонов и исследовали динамику релаксации спина и влияние на релаксацию параметров системы (магнитного поля, электронной концентрации, температуры). В качестве методики, позволяющей тестировать спиновую поляризацию электронной системы выбрано время разрешенное резонансное рэлеевское рассеяние.[1] Обнаружено, что время релаксации спина в магнитном поле на порядок величины превышает все существующие на сегодняшний момент экспериментальные данные и достигает 100 нс в 10 Тл. Зависимость от величины магнитного поля близка к экспоненциальной, а зависимости от температуры нет. На основании экспериментальных данных построена модель релаксации электронного спина в двумерных системах в терминах аннигиляции спиновых экситонов. Независимым методом подтвержден результат авторов о том, что термодинамика холловского ферромагнетика определяется главным образом зеемановской, а не обменной энергией, что находится в противоречии с существующей микроскопической теорией холловского ферромагнетика.

РФФИ 11-02-00356

Руководитель – д.ф.-м.н Л.В.Кулик

28. Развита теория модуляции джозефсоновского тока магнитным полем в сверхпроводящих контактах с выраженным подавлением параметра порядка вблизи границы раздела. Показано, что при наличии сильной джозефсоновской связи модуляция тока в таких контактах существенно отличается от фраунгоферовской. В качестве характерных особенностей нефраунгоферовской модуляции в указанных условиях теория предсказывает узкий пик критического тока центрированный при нулевом значении поля, а также существенно подавленные максимумы при конечных магнитных полях.

РФФИ 11-02-00398,

Руководитель – к.ф.-м.н. Ю.С. Бараш

29. Проект, в основном, посвящен исследованию обнаруженного японскими учеными и описанного в большом числе публикаций необычного явления - образования «сверхобильных» вакансий (до 30%) в металлической подрешетке ГЦК гидридов никеля и других переходных металлов VI–VIII групп в результате выдержки длительнее 2 часов при температурах выше 600°C в атмосфере водорода, сжатого до давлений в несколько ГПа. Согласно теоретическим работам, это явление должно было также проявлять себя в значительном увеличении атомного отношения водород/металл по сравнению с  $H/Me = 1$ , максимально возможным в гидридах без вакансий.

В 2012 году нами была разработана ячейка высокого давления, позволяющая удерживать водород при температуре 700°C и давлениях до 7.5 ГПа в течение 4 часов. Пластинки никеля толщиной 0.2 мм были насыщены водородом при  $T = 700^\circ\text{C}$  и давлениях 4.7 и 7.5 ГПа в течение 15 мин и 4 часов с последующей закалкой до температуры жидкого азота. Исследование полученных образцов методом термодесорбции показало, что содержание водорода в никеле не зависит от длительности синтеза, несколько возрастает (от  $H/Ni \approx 0.85$  до 0.95) с увеличением давления синтеза, но не достигает предсказанных теоретически



«сверхстехиометрических» значений  $H/Ni > 1$ . Рентген-дифракционное исследование закаленных образцов, насыщавшихся водородом в течение 4 часов, не выявило наличия описанных японскими учеными сверхструктур на базе ГЦК решетки гидрида никеля, вызванных упорядочением вакансий. Не было обнаружено также уменьшения параметра ГЦК решетки гидрида никеля, которое должно было вызываться неупорядоченными вакансиями.

РФФИ № 11-02-00401

Руководитель – д.ф.-м.н. В.Е. Антонов

30. Рассчитан вклад спинового резонанса в коэффициенты отражения и прохождения электромагнитной волны через двумерный электронный газ, находящийся в асимметричной электронной квантовой яме. Существенной особенностью такой электронной системы является то обстоятельство, что материальные соотношения, связывающие электрический ток и намагниченность, содержат перекрестные члены, описывающие отклик электрического тока на магнитное поле и отклик намагниченности на электрическое поле волны.

РФФИ 11-02-01180

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

31. Экспериментально наблюдался эффект, который трудно объяснить известными теориями направленной кристаллизации. Межфазная граница разделяла темный жидкий раствор индикатора от визуально не содержащую краситель твердую фазу. При этом концентрация раствора перед межфазной границей изменялась, возрастая от твердой к жидкой фазе. Мы предположили, что перед границей раствор может распадаться на равновесные фазы. Для описания возможности такого сценария кристаллизации, была построена одномерная модель в которой избыток компонента раствора не вытесняется растущей твердой фазой, как в

известных моделях, а распадается при попадании в область спинодального распада твердой фазы.

В связи с экспериментами по быстрой кристаллизации наблюдается большой интерес к неравновесному коэффициенту распределения. Например наблюдается интенсивный захват растворенного компонента и, как следствие, концентрация компонента в твердой фазе, много превышает предельную равновесную концентрацию. Нами показано, что влияние межфазного слоя в неравновесных условиях может дать существенное отклонение эффективного коэффициента распределения от его равновесных значений при типичных для экспериментального выращивания кристаллов скоростях перемещения межфазной границы. Как показали численные расчеты, достаточно уменьшить значения коэффициентов диффузии в модели межфазного слоя [Haifeng Wang, Feng Liu, Wei Yang, Zheng Chen, Gencang Yang, Yaohe Zhou, Solute trapping model incorporating diffusive interface, *Acta Materialia* 56 (2008) 746–753], чтобы получить отклонения эффективного коэффициента распределения при малых скоростях перемещения межфазной границы.

РФФИ грант № 11-03-01259.

Руководитель – к.ф.-м.н. А.П.Гуськов,

32. Изучена зависимость времени спин-решеточной релаксации в квантовых ямах (Zn,Mn)Se с концентрацией магнитной примеси ~ 2% от величины внешнего магнитного поля и при различных уровнях оптической накачки. Обнаружено, что с ростом накачки наблюдается уменьшение времени релаксации намагниченности, которое не связано с перегревом решетки при импульсном оптическом возбуждении.

Показано, что учет времени жизни экситона, времени образования магнитного полярона и термодинамических флуктуаций намагниченности позволяет описать форму стационарного спектра линии фотолюминесценции одиночной полумагнитной полупроводниковой II-VI квантовой точки в различных магнитных полях.

Методом математического моделирования выяснена роль кластеров Mn большого размера в объяснении сильной зависимости времен спин-решеточной релаксации от концентрации магнитной примеси в полумагнитных полупроводниковых II-VI материалах.

РФФИ 11-02-01351

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

33. Исследовано влияние поляризации и хиральности на образование многослойных структур, соизмеримых и несоизмеримых со слоевой периодичностью. Измерения проведены на смесях полярных смектиков и неполярных смектиков со SmC фазой. Трансформация температурной последовательности фаз и их ширины объясняется изменением величин дальнедействующих взаимодействий и хиральности. Изучено влияние электрического поля на многослойные полярные структуры. В рамках теории Ландау фазовых переходов проведён расчет фазовых диаграмм температура — электрическое поле. Показано, что узкий (в отсутствие поля) интервал пятислойной структуры в электрическом поле увеличивается, захватывая области соседних фаз. Показано, что несоизмеримая со слоевым упорядочением SmC\* $\alpha$  фаза может переходить в планарную структуру через промежуточные несоизмеримые и соизмеримые структуры.

РФФИ 11-02-01424

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

34. Исследовано влияние термохимической обработки опаловых матриц, заполняемых углеродными соединениями с последующим растворением из них диоксида кремния, на формирование пористой структуры. Показано, что температура обработки образцов и размеры частиц диоксида кремния в исходной опаловой матрице оказывают решающее влияние на формирование и развитие пористой структуры. Важнейшее значение для развития микропористой системы имеет щелочная

активация образцов с использованием гидроксида калия. Только после активации образцы показывают максимальную удельную поверхность (до  $2500 \text{ m}^2/\text{g}$ ) и максимальный объем пор (до  $1.72 \text{ cm}^3/\text{g}$ ). Методом ПЭМВР в образцах обнаружены луковичеобразные углеродные наночастицы, образованные в процессе высокотемпературной термохимической обработки. Сделано предположение о том, что сорбционные поры  $\sim 1.5 \text{ nm}$  могут быть обусловлены пустотами, наблюдаемыми в ядре луковичеобразных наночастиц. Показано, что углеродные наноструктуры с решеткой инвертированного опала, нековалентно модифицированные тетрафенилметилена дифосфин диоксидом (TPMDPDO), обладают высокой сорбционной способностью по отношению к Th (IV), U (VI) и лантанидов (III) в азотной кислоте и могут быть использованы для концентрирования ионов металлов из растворов азотной кислоты.

РФФИ 10 – 02- 00460

Руководитель – проф. Г.А. Емельченко

35. Представлены экспериментальные результаты, касающиеся разработки новых жаропрочных композитных материалов на основе интерметаллических соединений. Плоские массивные образцы толщиной от 2 до 4 мм получали методом диффузионной сварки под давлением или методом пакетной прокатки на вакуумном прокатном стане с последующей термической обработкой под давлением. Композиты имели слоистую структуру из чередующихся слоёв прочного интерметаллида ниобия или титана с алюминием или кремнием и слоёв относительно пластичного твёрдого раствора алюминия (кремния) в ниобии (титане), что придавало материалу прочность при высоких температурах и достаточную пластичность в нормальных условиях. Изгибные испытания при температурах до  $1400^\circ\text{C}$  показали, что материал с подобной структурой способен обладать прочностью около 300 МПа.

РФФИ 11-02-00501.

Руководитель – чл.- корр. РАН М.И. Карпов.

36. В системе двумерных электронов, имеющих форму диска, исследовано влияние сильного параллельного магнитного поля на дисперсию объемных и краевых магнитоплазменных возбуждений, возникающих в слабом перпендикулярном магнитном поле. Обнаружено, что анизотропия эффективной массы электронов, возникающая в параллельном магнитном поле, снимает вырождение для плазменных мод в диске. Показано, что при этом в спектре магнитоплазменных возбуждений открывается щель, а закон магнитодисперсии для этих возбуждений меняется с линейного на параболический. Установлено, что величина щели определяется разницей частот плазменных колебаний вдоль и поперек параллельного магнитного поля и растет квадратично с ростом величины поля.

РФФИ - 11-02-01340-а

Руководитель – д.ф.-м.н. С.И. Губарев

37. Исследовано влияние температуры и нормального магнитного поля на сопротивление шарвиновского контакта в высококачественной двумерной электронной системе. Обнаруженные универсальные магнитополевые зависимости качественно объяснены рассеянием инжектированных баллистических носителей на налетающих. Начаты измерения дробового шума в режиме прыжковой проводимости с переменной длиной прыжка. Впервые достигнуто полное пуассоновское значение шума в макроскопическом образце.

Изучались образцы ZnO, легированные кобальтом. Образцы были получены с помощью метода жидкой керамики путем пиролиза органического прекурсора, содержащего цинк и кобальт. Концентрация кобальта варьировалась в интервале от 0 до 40 масс. %. Путем магнитных измерений установлено, что исследуемые образцы обладают ферромагнитными свойствами. Ранее было обнаружено, что оксид цинка

становится ферромагнитным только, если удельная площадь границ зерен, приходящаяся на единицу объема, выше некоторого критического значения. Это значение для чистого оксида цинка составляет  $5 \cdot 10^7$  м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, оксида цинка, легированного кобальтом  $2 \cdot 10^6$  м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, марганцем и железом  $5 \cdot 10^4$  м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>. Критическое значение удельной площади границ зерен последовательно при легировании ZnO кобальтом, марганцем, железом. Установлено, что намагниченность насыщения в ZnO, легированном кобальтом, носит немонотонный характер.

РФФИ 11-03-00029

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

38. Исследованы неустойчивости в интенсивности и поляризации сигнала пропускания планарного микрорезонатора на основе GaAs с квантовыми ямами в активной области при резонансном возбуждении 10 и 70 пикосекундными импульсами. Обнаружено, что при повышении плотности возбуждения выше некоторой критической в системе наблюдаются скачок в интенсивности света, проходящего через микрорезонатор, сопровождающийся скачком в его степени циркулярной поляризации. Показано, что наблюдаемое явление связано с поляризационной мультистабильностью системы экситонных поляритонов в планарных микрорезонаторах, обусловленной спиновой анизотропией поляритон-поляритонного взаимодействия. Найдено, что в микрорезонаторах с Раби расщеплением 6 мэВ при нулевом детюнине система поляритонов возвращается в исходное поляризационное состояние при длительности импульса возбуждения больше 50 пс, и показано, что этот переход обусловлен взаимодействием резонансно возбуждаемых поляритонов с резервуаром долгоживущих некогерентных экситонов, заполняемым вследствие поляритон-поляритонного рассеяния и рассеяния поляритонов на фононах.

РФФИ 12-02-00521

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

39. Изготовлена ячейка из латуни для исследования особенностей движения зарядов в сильно разупорядочных образцах твердого гелия. Внутри нее смонтирован плоский источник зарядов и коллектор на двух пьезокерамических пластинах. Расстояние источник-коллектор составляет 0.1 мм. В качестве источника зарядов применяется бета радиоактивная мишень. Выполнены тестовые измерения при высоких температурах. Проведены контрольные испытания ячейки. Отработана методика приготовления образцов методами блокированного капилляра и при постоянном давлении. При выращивании методом блокированного капилляра получаются образцы очень плохого качества. При высоких температурах  $T=1.3\text{K}$  влияния контролируемой пластической деформации сдвигом с помощью пьезокерамических пластин на движение инжектированных зарядов не обнаружено. Однако, при подаче гармонического сигнала на пьезо пластины частотой 10кГц и амплитудой около 100 вольт наблюдается рост тока зарядов. Вероятно, это связано с разогревом образца в пространстве между двумя обкладками.

РФФИ 12-02-00581

Руководитель – д.ф.-м.н. А.А.Левченко

40. Разработана методика создания масок субмикронного разрешения для локального травления проволок InAs с диаметром порядка 80-100 нм без использования сканирующего электронного микроскопа. Наиболее технологичным материалом маски оказался полистирол, тонкая пленка которого (толщина пленки должна быть примерно 0.8 от диаметра проволоки) прорезается с помощью иглы сканирующего атомно-силового микроскопа. Характерный размер прореза 20-30нм, достигнутая точность позиционирования прореза ~20нм.

В проволоке InAs с дефектами при помощи методики с использованием проводящего острия атомно-силового микроскопа в качестве сканирующего затвора (SGM – scanning gate microscopy) было

продемонстрировано, что при низкой концентрации электронов проводимость всей системы определяется проводимостью через закрытые квантовые точки малого размера, на которые разбита проволока, определены центры точек. Были обнаружены искажения линий кулоновской блокады, такие как волнистость и их расщепление. Для объяснения волнистости линий кулоновской блокады, были проведены модельные расчеты в классической модели кулоновской блокады, продемонстрировавшей хорошее согласие с экспериментом.

Проведено исследование влияния заряженного острия АСМ на сопротивление проволоки из InAs, характерное сопротивление которой при гелиевой температуре 30кОм. Данное сопротивление характеризует электронный транспорт в проволоке как диффузный. В эксперименте наблюдались квазипериодические осцилляции в сопротивлении с амплитудой примерно 3%. Период осцилляций зависел от количества электронов в проволоке, данная зависимость указывает на наличие электронов с баллистическим поведением в верхнем подуровне поперечного квантования.

РФФИ -11-02-00620-а

Руководитель – к.ф.-м.н. А.А. Жуков

41. Исследовано межмолекулярное взаимодействие, фазовые переходы и кристаллическая структура нейтральных донорно-акцепторных комплексов  $\{Pt(dbdtc)_2\}_2C_{60}$  и  $\{Cd(dedtc)_2\}_2C_{60}$  при высоком давлении. В спектрах комбинационного рассеяния света [КРС] всех комплексов доминируют полосы, обусловленные рассеянием на молекулах фуллерена, хотя в спектрах ИК-поглощения комплексов наблюдаются также полосы молекулярного донора. Обнаружено, что в спектрах КРС комплексов  $\{Cd(dedtc)_2\}_2C_{60}$  наблюдается фазовый переход при  $\sim 2.5$  ГПа. Переход сопровождается расщеплением всех фононных полос и напоминает изменения спектров КРС чистого фуллерена  $C_{60}$  при его полимеризации. Фаза высокого давления устойчива до максимального в



серии экспериментов давления 8 ГПа, однако, при сбросе давления до 2 ГПа происходит обратный переход с характерным для исходного образца спектром КРС. Следует отметить, что экстраполяция к нормальному давлению барической зависимости частот расщепленной Ag(2) РР-моды фазы высокого давления дает частоты, характерные для полимерных линейных цепочек и сдвоенных линейных цепочек. В указанных полимерных структурах молекулы фуллерена имеют четыре (линейные цепочки) и шесть (сдвоенные линейные цепочки) ковалентных межмолекулярных связей на одну молекулу фуллерена. В спектрах КРС донорно-акцепторных комплексов  $\{Pt(dbdtc)_2\}_2C_{60}$  при увеличении давления наблюдаются два последовательных фазовых перехода при  $\sim 0.5$  ГПа и  $\sim 2.5$  ГПа. Фазовые переходы сопровождаются расщеплением всех фононных полос, перераспределением интенсивности между расщепленными компонентами и изменением наклонов в барической зависимости фононных полос. Фаза высокого давления устойчива до максимального давления в серии экспериментов 8 ГПа. При понижении давления фаза высокого давления устойчива до давления  $\sim 0.5$  ГПа, после чего наблюдается переход в новую фазу. Спектр КРС новой фазы отличается как от спектра исходного образца, так и от спектров КРС двух других фаз, полученных при увеличении давления. Финальная фаза устойчива при нормальном давлении и, таким образом, серия фазовых переходов необратима по давлению.

РФФИ 11-02-00886

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

42. В рамках проекта РФФИ отработана методика синтеза однофазных соединений с общей формулой  $La_{1-x}Sr_xVO_{3-d}$  в широкой области концентраций стронция  $0 < x < 1$  и при разных температурах синтеза. Начаты структурные исследования синтезированных материалов методами мессбауэровской спектроскопии и рентгеновской дифракции. Получены предварительные данные по влиянию замещения

трехвалентного лантана двухвалентными ионами стронция в широкой области концентраций стронция  $0 < x < 1$  и влиянию типа ионов на В местах (Fe, Mn) на структурные изменения в синтезированных соединениях.

РФФИ 12-02-00303

Руководитель – к.ф.-м.н. В.Д. Седых

43. Исследована магнетолюминесценция пространственно-непрямых, диполярных экситонов в широкой (25 нм) квантовой яме GaAs/AlGaAs, накапливаемых в латеральной электростатической ловушке. Обнаружено, что в центре ловушки спиновое расщепление линии люминесценции экситона на тяжелой дырке практически полностью скомпенсировано в магнитном поле, меньшем критического значения  $B_c \approx 2$  Т. Эффект компенсации спинового расщепления обусловлен обменным взаимодействием в плотном экситонном бозе-газе в качественном соответствии с существующими теоретическими представлениями. В области малых магнитных полей,  $B < 1.5$  Т, наблюдается необычно большой для экситонов квадратичный диамагнитный сдвиг – до  $2$  мЭВ/Т<sup>2</sup>, связанный с присутствием в неоднородном электрическом поле ловушки компоненты, параллельной плоскости квантовой ямы. В скрещенных перпендикулярном магнитном и аксиально-симметричном радиальном электрическом полях возможно движение экситонов по кольцевым траекториям вокруг оси отверстия и смешивание центрально-симметричного нижайшего энергетического состояния экситона с более высокими состояниями с большими угловыми моментами.

РФФИ 12-02-00668 а

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

44. Выполнялись исследования статических и динамических эффектов в гетероструктурах сверхпроводник-магнетик при перемагничивании и протекании тока. В частности, изучен тип магнитного упорядочения слабого ферромагнетика PdFe и показано его влияние на

сверхпроводящие свойства Nb. Обнаружено возбуждение автоколебательных мод при проникновении магнитного потока в протяженные структуры PdFe-Nb. Природу эффекта предполагается исследовать в дальнейшем. Продемонстрирована принципиальная возможность управления магнитосопротивлением гетероструктур пермаллой-ниобий через магнитные гистерезисные явления. Обнаружена неоднозначность действия электрического тока на магнитную структуру ферромагнетика в гибридных структурах, причину эффекта предстоит выяснить. Изучено преобразование магнитной доменной структуры магнитомягкого ферромагнетика – ИЖГ в гибридных структурах ИЖГ-ниобий под действием протекающего по ниобию тока.

РФФИ 12-02-00707

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

45. Из образцов стали Crofer 22APU с Ni покрытием после обработки в вакууме и сложного оксида  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_{3-\delta}$  изготавливались структуры, имитирующие переход токовый коллектор – катод твердооксидного топливного элемента. Установлено, что после тестирования в течение 50, 230 и 400 часов при температуре  $850^\circ\text{C}$  на воздухе в контакте с катодом на поверхности стали не возникает пленки  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Предложена следующая модель: хром, имеющий большую электроотрицательность, взаимодействует с NiO, образуя  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и восстанавливает NiO до Ni. В результате чего, на границе сталь – покрытие образуется островковая структура из окислов  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , а Ni диффундирует в объем стали.

РФФИ 11-02-00731-а

Руководитель – д.ф.-м.н. С.И.Бредихин

46. Приготовлены совершенные плёнки полярных смектических жидких кристаллов толщиной от нескольких молекулярных слоёв до сотен слоёв. Проведены исследования плёнок с помощью поляризованной и деполяризованной оптической микроскопии, измерения отражения

поляризованного света от плёнок. Из структуры ориентационных дефектов в электрическом и магнитном поле определена анизотропия внутрислоевой ориентационной упругости плёнок полярного сегнетоэлектрического жидкого кристалла.

В рамках теории фазовых переходов Ландау впервые проведены аналитические расчёты структуры полярных смектических жидких кристаллов. Рассчитаны последовательности фаз по температуре и их зависимость от величин межслоевых взаимодействий. Результаты аналитических расчётов соответствуют численным расчётам, в том числе проведённым участниками проекта. Проведение аналитических расчётов позволило понять природу образования различных фаз. Результаты аналитических расчётов согласуются с экспериментом.

РФФИ 11-01-01028

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

47. Создана установка, для исследования фотолюминесценции и спектров неупругого рассеяния света от микрокристаллов, с характерным размером менее 1 микрона и находящихся при сверхнизких температурах (до 0.3 К) и сверхсильных магнитных полях (до 17 Т). Установка позволяет с помощью криогенных пьезо-сканеров находить в криостате с соленоидом разнообразные микро- и нано-структуры и изучать их оптические свойства с пространственным разрешением 2 микрона.

Методом неупругого рассеяния света впервые исследованы свойства плазменных и магнитоплазменных возбуждений в электронной и дырочной системах, которые реализуются в свободно подвешенном графене при приложении электрического поля. Помимо одночастичных возбуждений, связанных с переходами между пустыми уровнями Ландау электронов и дырок, впервые обнаружены коллективные плазменные и магнитоплазменные возбуждения в системе электронов (и дырок) различной плотности. Показано, что, несмотря на линейную дисперсию носителей заряда в графене, гибридизация плазменных и циклотронных

мод в пределе больших факторов заполнения происходит в соответствии с законом Кона, что позволяет прямым способом измерять циклотронную энергию и перенормированную скорость электронов и дырок. Обнаружен эффект сильной перенормировки дисперсии электронов и дырок, заключающийся в увеличении скорости (на 40-50%) при уменьшении концентрации носителей заряда вплоть до  $10^{11} \text{ см}^{-2}$ .

РФФИ - 11-02-12052 офи

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

48. Синтез графена на поверхности  $\alpha$ -SiC не соответствует требованиям массового промышленного производства из-за ограниченного размера и высокой стоимости пластин, отрезанный от монокристаллических слитков  $\alpha$ -SiC. При этом, графен, синтезированный на коммерчески доступных куб.-SiC(001)/Si(001) пластинах, вполне можно было бы изготавливать в промышленных масштабах и можно было бы легко адаптировать для электронных технологий с использованием стандартных электронно - литографических процессов. Первая работа по возможности синтеза графена на поверхности тонких пленок (около  $1 \mu\text{m}$ ) куб.-SiC(001), выращенных на поверхности стандартных кремниевых пластин, была опубликована сравнительно недавно [V.Yu. Aristov et al., Nano Letters **10**, 992-995 (2010)]. Однако, имеющиеся экспериментальные данные не могли предоставить подробную информацию о качестве, непрерывности и атомной структуре графенового слоя на (001) поверхности SiC. Нами в 2012 году проведены комплексные исследования методами сканирующей туннельной микроскопии (СТМ), электронной микроскопии низких энергий (LEEM), фотоэлектронной спектроскопии (ARPES) с угловым разрешением и дифракции электронов низких энергий (LEED), которые доказывают непрерывность синтезированного на кубическом SiC(001) графенового слоя с доменами по крайней мере микронных размеров. Показано, что монослой графена демонстрирует морфологию и электронные свойства, характерные для изолированного свободного

графена. Таким образом, использование дешевых пластин куб.-SiC(001)/Si(001) для изготовления графена представляет собой реальный путь преодоления разрыва между выдающимися свойствами графена и возможности его применений в приборах нано (микро) электроники.

РФФИ 11-02-01253-а

Руководитель – д.ф.м.н. В.Ю. Аристов

49. С помощью методов электронной микроскопии исследована кристаллическая структура ориентированных монокристаллических вольфрамовых зондов СТМ на различных этапах подготовки в условиях сверхвысокого вакуума. Показано, что использование ориентированных монокристаллических заготовок позволяет получить зонды с малым радиусом закругления и известной атомной структурой острия. Проведены эксперименты с атомным разрешением на поверхности графита и двухкомпонентных поверхностях (GaTe(1 0 -2), 3C-SiC(001), графен/SiC(001)) с использованием монокристаллических алмазных и вольфрамовых зондов с различной ориентацией острия ([001], [111]). Определена атомная структура поверхностей GaTe(1 0 -2) и графен/SiC(001). Проведены исследования зависимости симметрии СТМ-изображений поверхности графита от величины туннельного зазора при использовании монокристаллических острий с осью симметрии третьего порядка. Выполнены расчеты атомной и электронной структуры взаимодействующей системы «вольфрамовый зонд – поверхность графита» при малых расстояниях игла-образец. Получены карты распределения электронных состояний в туннельном промежутке.

РФФИ 11-02-01256

Руководитель – к.ф.-м.н. А.Н.Чайка

50. Проведено теоретическое и экспериментальное изучение многослойных джозефсоновских переходов Nb-AlO<sub>x</sub>-(Nb)-PdFe-Nb, содержащих композитную прослойку из слоев изолятора и

ферромагнетика, разделенных тонким слоем ниобия. Измерена температурная зависимость критического тока и проведено ее сравнение с теоретическими расчетами. Показано, что в слое (Nb) возникают сверхпроводящие корреляции, однако из-за его малой толщины весь композитный барьер  $\text{AlOx}-(\text{Nb})-\text{PdFe}$  работает как единое целое. На основе измеренной зависимости критического тока от внешнего магнитного поля получена кривая перемагничивания ферромагнитного барьера. Проведены исследования тонкопленочных структур сверхпроводник (S)-нормальный металл (N) – сверхпроводник (S) ( $\text{Al}-\text{Cu}-\text{Al}$ ), изготовленных методом электронной литографии и теневого термического испарения. При изучении вольт-амперных характеристик обнаружены пики многократного Андреевского отражения. Проанализированы особенности протекания сверхпроводящего тока через NS-границы. Выполнено также исследование тонкопленочных SNS-контактов с композитной прослойкой  $\text{Cu}/\text{Fe}$ . Обнаружены пики в дифференциальном сопротивлении, связанные с наведенным обменным взаимодействием в слое  $\text{Cu}$ .

РФФИ-ОФИ\_М 11-02-12065

Руководитель – к.ф.-м.н. В.В. Больгинов

51. Исследования структуры примесного дейтериевого геля в сверхтекучем гелии  $\text{He}-2$  методом малоуглового рассеяния холодных нейтронов показали, что термоциклирование, т.е. нагрев дейтериевых образцов, приготовленных при  $T=1.6$  К, до температуры в  $2.13$  К, близкой к температуре перехода жидкого гелия в из сверхтекучего  $\text{He}-2$  в нормальное  $\text{He}-1$  состояние, приводит к значительному повышению содержания в дейтериевом геле кластеров малых размеров, порядка  $1-2$  нм.

Этот результат можно объяснить возникновением тепловой неустойчивости в объеме геля, вследствие нарушения дальнего порядка в дисперсионной среде примесного геля - жидком гелии, заполняющем

нанопоры между кластерами (гелий в ограниченной геометрии), т.е. переходом с повышением температуры от сверхтекучей жидкости в порах, соединенных между собой тонкими каналами, к локализованным в нанопорах каплям Бозе-Эйнштейновского конденсата. Этот переход сопровождается, естественно, резким падением теплопроводности дисперсионной среды, что может приводить к разрушению больших примесных агрегатов вследствие тепловых флуктуаций в дисперсионной системе (каркасе) геля, который формируется из примесных нанокластеров при конденсации потока газообразного гелия с примесью исследуемого вещества на границе раздела пар - сверхтекучая жидкость при температурах ниже 1.8 К. Возможность создания в сверхтекучем He-2 примесных нанокластеров характерными размерами порядка нескольких нанометров из веществ, слабо поглощающих нейтроны (дейтерия, тяжелой воды, кислорода) принципиально важна при разработке макета модератора, предназначенного для накопления и хранения в ультрахолодных нейтронов сосуде с He-2, заполненном примесным гелем

РФФИ 11-02-12240 – офи-м

Руководитель - проф. Л.П. Межов-Деглин

52. Исследована когерентная спиновая динамика электронов в ансамбле регулярно расположенных в плоскости 25 нм GaAs квантовой ямы (КЯ) потенциальных ям, создаваемых приложением к КЯ электрического поля в специальной конфигурации с помощью двух электродов. Внутренним электродом служила легированная кремнием 30 нм КЯ, а внешним шоттки-затвором – нанесенный на поверхность гетероструктуры слой золота с отверстиями разного диаметра – от 1.7 до 0.6 мкм на треугольной сетке – мозаичный электрод.

Спиновая динамика электронов изучалась с помощью магнито-оптического эффекта вращения Керра. Для фотовозбуждения использовался фемтосекундный титан-сапфировый лазер, перестраиваемый по длине волны, совместно с формирователем



длительности импульсов. Образец помещался в оптический криостат с соленоидом до 6 Тл (геометрия Фойгта) при температуре  $T \sim 1.8\text{K}$ .

Обнаружено, что время жизни электронного спина сверхлинейно возрастает с уменьшением отверстий в мозаичном электроде с нескольких единиц (отверстия 1.7 мкм) до порядка 30нсек (отверстия 0.6 мкм).

Найдено, что время жизни электронного спина драматически (более чем в 4 раза) падает при увеличении магнитного поля, что обусловлено разбросом  $g$ -фактора электронов, вызванным дисперсией размеров отверстий.

Также обнаружено, что для структур с отверстиями 0.6 мкм в мозаичном электроде спиновая релаксация электронов сильно анизотропна (время спиновой релаксации изменяется более чем в 3 раза для разных кристаллографических направлений). Найденная анизотропия не может быть описана в рамках стандартной модели анизотропной релаксации для КЯ, что может обуславливаться растущей ролью сверхтонкого взаимодействия.

Полученные результаты указывают на возникновение 3-мерного латерального конфаймента, размер которого определяется размером отверстий в мозаичном электроде, и который приводит к ослаблению механизма спиновой релаксации Дьяконова-Переля.

Продемонстрировано, что использование оптического электрода специальной формы (мозаичного электрода) является эффективным инструментом для управления временем жизни электронного спина в GaAs КЯ, выращенных в стандартном направлении (001).

РФФИ №11-02-12289-офи-м

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

53. Изучена структура монодисперсных наночастиц состава  $\text{Y}_2\text{O}_3 - \text{ZnO}$ , проведен анализ спектров диффузного отражения и фотолюминесценции

гетерочастиц, а также стимулированного излучения экситонов оксида цинка в нанокompозите после отжига при разной температуре. Обнаружено образование нанокристаллов ZnO внутри пор сфер  $Y_2O_3$  в процессе синтеза материала с однократной процедурой инфильтрации. Получена лазерная генерация в фиолетовой области спектра 3.29 эВ для сфер со средним диаметром 179 нм и мощностей оптической накачки более 130 КВт/см<sup>2</sup>. Показано, что лазерный эффект связан с изменением эффективного показателя преломления и локальной плотности фотонных состояний в наночастицах люминофора - оптических резонаторов сферической формы.

РФФИ 11-02-90430

Руководитель - проф. Г.А.Емельченко

54. Исследованы монокристаллы железосодержащих сверхпроводников  $Ba(FeAs)_2$  легированных фосфором. Вихревая структура изучалась с помощью метода декорирования. Впервые для железосодержащих сверхпроводников на допированных фосфором монокристаллах наблюдаются крупные домены треугольной вихревой решётки. Обсуждается влияние допирования на пиннинг в монокристаллах железосодержащих сверхпроводников.

РФФИ 11-02-92480

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

55. Основной задачей проекта на отчётный год было сравнение изученных технологических схем получения ультравысокотемпературных композитов с металлической матрицей по потенциальной трудоёмкости возможной технологии получения элементов конструкции и основными механическими характеристиками получаемых материалов с целью выбора основного варианта технологической схемы для его более детальной проработки в заключительном году работы по проекту. Такой вариант был выбран на

основе проведённого исследования композитов с молибденовой матрицей и иттрий-содержащими оксидными волокнами (монокристаллический иттрий-алюминиевый гранат (YAG) и эвтектика оксид алюминия - YAG). Показано, что участие иттрия в процессе резки тормозит окисление молибденовой матрицы при повышенных и высоких температурах. Эвтектические и монокристаллические волокна при этом определяют высокую крипостойкость и длительную прочность композитов вплоть до температур 1400°C.

Из рассмотрения частного примера композита следует общая идея построения жаропрочных, жаростойких и трещиностойких композитов с тугоплавкой металлической матрицей (молибден, ниобий, вольфрам и др): необходимо армировать матрицу высококрипостойкими волокнами, содержащими элементы, обеспечивающие жаростойкость композита.

Проект РФФИ 11-03-01239

Руководитель – проф. С.Т. Милейко

56. Изготовлены сплавы олово-свинец с разным содержанием свинца. Измерены температурные зависимости доли границ зерен Sn/Sn, полностью смоченных расплавом и твердой фазой на основе свинца, а также доли границ зерен Pb/Pb, полностью смоченных расплавом и твердой фазой на основе олова. На границах Pb/Pb и Sn/Sn наблюдается переход от неполного смачивания расплавом к полному при повышении температуры. Полного смачивания границ зерен Pb/Pb и Sn/Sn твердой фазой на основе свинца и олова не наблюдается при изученных температурах от 130 до 180 °C.

Проведены эксперименты по пластической деформации сплавов олово-свинец и измерены доли границ зерен Sn/Sn, полностью смоченных свинцом (т.е. покрытых непрерывным слоем свинца), в условиях деформации при различных температурах в интервале от 100 до 183°C.

Изготовлены сплавы алюминий-цинк с разным содержанием цинка

(5, 10, 20 и 30 масс. %). Измерены температурные зависимости доли границ зерен Al/Al, полностью смоченных расплавом и твердым цинком. Было обнаружено, что доля границ зерен Al/Al, полностью смоченных твердым цинком, не возрастает с увеличением температуры, как в случае смачивания расплавом, а – наоборот – убывает. Обнаружено принципиально новое явление – псевдонеполное смачивание границ зерен в алюминии вотрой твердой фазой.

РФФИ 11-08-90439

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

57. Изучены фазовые переходы в плёнках полярных жидких кристаллов с сегнетоэлектрической ( $SmC^*$ ) и антисегнетоэлектрической («антифаза»  $SmC^*_d4$ ) структурами в объёмном образце. Исследованы супертонкие молекулярные плёнки. Показано, что плёнки толщиной 2 молекулярных слоя в области  $SmC^*_d4$  фазы имеют антиклинную структуру с продольной электрической поляризацией, параллельной плоскости наклона молекул. Эта структура сохраняется в широком интервале температур. Следует отметить, что антисегнетоэлектрик с антиклинной ориентацией молекул в объёмном образце не наблюдается. Существенно по-другому ведет себя плёнка толщиной 3 молекулярных слоя. В плёнке происходит переход между структурами с поперечной поляризацией (межслоевые синклинная, антиклинная ориентации при низкой температуре и синклинная, синклинная ориентации при высокой температуре). Рассчитаны структуры и фазовые переходы для серии многослойных полярных жидких кристаллов с различной шириной полярных фаз. Синтез и структурные исследования были проведены британскими участниками проекта. Совместные исследования с британскими участниками проекта позволили определить величины межслоевых взаимодействий, ответственные за наблюдаемые полярные структуры.

РФФИ 11-02-92610-КО

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

58. Методом декорирования ферромагнитными частицами исследовалась структура магнитного потока в монокристаллах железосодержащих сверхпроводников. Обнаружена доменная вихревая структура (с периодической вихревой решеткой в доменах) в монокристаллах, легированных фосфором. Наблюдалась немонотонная зависимость размера доменов от концентрации фосфора, а именно наиболее крупные домены обнаружены в передопированных кристаллах  $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{Px})_2$  с  $T_c=18\text{K}$  ( $x=0.5$ ), в то время как в оптимально допированных кристаллах с  $T_c=30\text{K}$  размер доменов соизмерим с периодом вихревой решётки. Возможной причиной особенностей вихревой структуры в монокристаллах является собственный (intrinsic) пиннинг вихрей на флуктуациях плотности допирующих ионов фосфора, связанный с их зарядовым состоянием.

РФФИ-МНТИ 11-02-92480

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

59. Изучена релаксация в квантово-холловском ферромагнетике, т.е. при нечетном заполнении  $\nu=1,3,5,\dots$ . Показано, что в некоторых случаях релаксация возбуждений (спиновых экситонов), определяемая сверхтонким взаимодействием с ядрами GaAs, является более быстрой чем «обычные» каналы релаксации, определяемые спин-орбитальным взаимодействием электронов. Сверхтонкое взаимодействие (СВ) является релятивистским эффектом второго порядка, тогда как спин-орбитальное взаимодействие (СОВ) есть релятивистский эффект первого порядка. Однако усиление релаксации появляется из-за того что СВ во-первых смешивает спины электронов на одном и том уровне Ландау (в отличие от СОВ, смешивающего спины только соседних уровней); во-вторых СВ уже само по себе (без привлечения других механизмов) обеспечивает

необратимость процесса релаксации, т.к. не требует сохранения суммарного импульса в процессах рассеяния спиновых экситонов

РФФИ 12-02-00136-а

Руководитель—к.ф.-м.н С.М. Дикман

60. Учитывая феноменологический характер предлагаемой энерго.статистики электролитов, определение каждого из ее параметров, как-то: положение уровней энергии, определение эффективных масс заряженных компонент, фиксация метастабильных состояний и т.п. - сопровождаются описанием возможностей их экспериментального наблюдения . Так для чистой воды положение уровня гидроксония следует из наблюдаемых данных о температурной зависимости степени диссоциации, метастабильное состояние - "голый протон" - проявляет себя в релаксационных экспериментах, эффективные массы гидратированных (сольватированных) заряженных кластеров могут измеряться с помощью оригинальной, предлагаемой в рамках Проекта, методики.

РФФИ 12-02-00229

Руководитель – проф. В.Б.Шикин

61. Экспериментально обнаружена реконструкция электронного спектра на краю образца в двумерных электронных системах с сильным спин-орбитальным взаимодействием. Показано, что перенос энергии между гальванически изолированными близко расположенными краевыми каналами противоположной хиральности осуществляется за счет обмена фотонами.

РФФИ №12-02-00272

Руководитель – проф. В.Т. Долгополов

62. В течение 2012 года синтезированы и исследованы новые гибридные материалы, сочетающие проводящие и магнитные свойства: катион–

радикальные соли на основе  $\pi$ -доноров ET и EDT-TTF, содержащие парамагнитные ионы. В качестве магнитных противоионов в катион-радикальных солях получены электролиты с металлокомплексными анионами d-металлов с полидентантным лигандом  $N(CN)_2$  :  $(Ph_4P)Ni[N(CN)_2]_3$  и  $(Ph_4P)Mn_{0.5}Ni_{0.5}[N(CN)_2]_3$ . Изучена электрокристаллизация BEDT-TTF и BETS в присутствии этих электролитов. Установлено, что в процессе электрокристаллизации образуются соли, не содержащие в своем составе никеля. Получены первые катион-радикальные дицианамидные соли BETS,  $BETS_2[N(CN)_2] \cdot 2H_2O$  и  $BETS_2[N(CN)_2] \cdot 3.6H_2O$ , охарактеризованы их структуры и проводящие свойства. Проведены исследования структуры и магнитотранспортных свойств новых квазидвумерных органических проводников, синтезированных на основе  $\pi$ -доноров. Расшифрована их структура и получены данные об их электронном спектре из измерений осцилляций Шубникова – де Гааза.

Изучены магнитотранспортные свойства кристаллов катион-радикальной соли  $\beta''$ -(BEDT-TTF) $_4K_x(H_3O)_{1-x}[Ga(C_2O_4)_3] \cdot C_6H_5Br$ ,  $x < 0.5$ . Обнаружены осцилляции Шубникова – де Гааза со сложным гармоническим составом, отражающим наличие нескольких различных экстремальных сечений поверхности Ферми.

РФФИ № 12-02-00312

Руководитель – д.ф.-м.н. В.Н.Зверев

63. Обнаружено ориентирующее влияние тонких слоёв растворов-расплавов боратных оксидных стекол на кристаллы  $PbTiO_3$ ,  $Na_2TiO_3$ , а также ортоборатов иттрия и лутеция, приводящее к образованию ярко выраженной текстуры кристаллитов вдоль нормали к подложке и их изотропной ориентации в плоскости подложки. Такая ориентация приводит к существенному изменению некоторых, важных с практической точки зрения, физических свойств полученных стеклокристаллических материалов (увеличению сегнетоэлектрических,

люминесцентных и сцинтиляционных свойств синтезированных материалов).

РФФИ № 12-03-00454-а

Руководитель – д.х.н. В.В. Кедров

64. Исследовано появление и эволюция полос сдвига в аморфных металлических сплавах при деформации. Показано изменение их характеристик со временем. Экспериментально обнаружен в нанокристаллах  $\alpha$  – Fe, образовавшихся при деформации методом кручения под давлением аморфных сплавов системы Fe-B, обусловленный деформацией фазовый переход  $\alpha$  - Fe  $\rightarrow$   $\gamma$  – Fe, приводящий к фрагментации нанокристаллов и дополнительному измельчению наноструктуры. Переход происходит по мартенситному механизму, и между решетками фаз наблюдаются ориентационные соотношения, типичные для мартенситного превращения. Проведенные теоретические оценки показали возможность осуществления обратного мартенситного превращения в нанокристаллах под действием напряжений при кручении под давлением при размере нанокристаллов около 20 нм.

РФФИ 12-02-00537

Руководитель – проф. А.С. Аронин

65. В исследованиях настоящего проекта были обнаружены акустические краевые магнитоплазменные (АКМП) возбуждения на образцах полупроводниковых наноструктур, приготовленных с помощью неглубокого травления, не достигающего до квантовой ямы. Это позволило существенно увеличить размер области краевого обеднения ДЭС и, соответственно, масштаб пространственного разделения заряда в АКМП. Благодаря этому удалось исследовать магнитодисперсию и амплитуду АКМП в широком диапазоне магнитных полей. Главный результат состоит в том, что  $j$ -я мода АКМП наблюдается в области факторов заполнения больших  $2j$  ( $j=1, 2 \dots$ ) и обрывается на факторе заполнения  $2j$ ,



причем как частота, так и амплитуда  $j$ -й моды обращаются в этот момент в нуль. Таким образом, количество акустических мод напрямую определяется количеством несжимаемых полосок на краю системы. Также показано, что при понижении температуры в ДЭС возникают дополнительные АКМП моды, связанные со спиновым расщеплением в энергетическом спектре системы. Полученные результаты подтверждают предположение о критическом влиянии на свойства АКМП структуры края ДЭС. Также в рамках проекта при помощи микрополосковой методики исследованы гибридные плазмон-фотонные возбуждения в случае, когда плазменная частота много больше фотонной. Обнаружено, что нижняя по частоте поляритонная мода в малых магнитных полях сильно модифицирована. Изучено магнито-дисперсионное поведение нижней поляритонной моды в зависимости от геометрии двумерной электронной системы, электронной плотности и температуры.

РФФИ 12-02-00590а

Руководитель – к.ф.-м.н. В.М. Муравьев

66. Исследована магнетолуминесценция пространственно-непрямых, диполярных экситонов в широкой (25 нм) квантовой яме GaAs/AlGaAs, накапливаемых в латеральной электростатической ловушке. Обнаружено, что в центре ловушки спиновое расщепление линии люминесценции экситона на тяжелой дырке практически полностью скомпенсировано в магнитном поле, меньшем критического значения  $B_c \approx 2$  Т. Эффект компенсации спинового расщепления обусловлен обменным взаимодействием в плотном экситонном бозе-газе в качественном соответствии с существующими теоретическими представлениями. В области малых магнитных полей,  $B < 1.5$  Т, наблюдается необычно большой для экситонов квадратичный диамагнитный сдвиг – до  $2$  мэВ/Т<sup>2</sup>, связанный с присутствием в неоднородном электрическом поле ловушки компоненты, параллельной плоскости квантовой ямы. В скрещенных перпендикулярном магнитном и аксиально-симметричном радиальном

электрическом полях возможно движение экситонов по кольцевым траекториям вокруг оси отверстия и смешивание центрально-симметричного нижайшего энергетического состояния экситона с более высокими состояниями с большими угловыми моментами.

РФФИ 12-02-00668 а

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

67. Выполнялись исследования статических и динамических эффектов в гетероструктурах сверхпроводник-магнетик при перемагничивании и протекании тока. В частности, изучен тип магнитного упорядочения слабого ферромагнетика PdFe и показано его влияние на сверхпроводящие свойства Nb. Обнаружено возбуждение автоколебательных мод при проникновении магнитного потока в протяженные структуры PdFe-Nb. Природу эффекта предполагается исследовать в дальнейшем. Продемонстрирована принципиальная возможность управления магнитосопротивлением гетероструктур пермаллой-ниобий через магнитные гистерезисные явления. Обнаружена неоднозначность действия электрического тока на магнитную структуру ферромагнетика в гибридных структурах, причину эффекта предстоит выяснить. Изучено преобразование магнитной доменной структуры магнитомягкого ферромагнетика – ИЖГ в гибридных структурах ИЖГ-ниобий под действием протекающего по ниобию тока.

РФФИ 12-02-00707

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

68. При давлении 70 кбар и температурах до 300°C проведены термобарические обработки монокристаллов  $\text{Eu}_2(\text{MoO}_4)_3$ . Рентгеноструктурные исследования, выполненные при атмосферном давлении и комнатной температуре, показали, что обработка при  $T < 200^\circ\text{C}$  приводит к аморфизации образцов, но в них сохраняется около 3 об.% нанокристаллических включений. Ранее мы установили, что именно

эти включения являются своеобразными метками, ответственными за «эффект памяти стекла» в молибдате европия. После обработки при  $T > 200^\circ\text{C}$  образцы  $\text{Eu}_2(\text{MoO}_4)_3$  становились непрозрачными и, в пределах точности рентгеновского анализа, их аморфноподобная матрица не содержала нанокристаллических включений. Для более детальных исследований микроструктуры полученных образцов, они были истончены до толщин  $\sim 50$  нм и в настоящее время исследуются на электронном микроскопе JEM-2100.

РФФИ № 12-02-00716

Руководитель – к.ф.-м.н. В.В. Сеницын

69. К настоящему моменту было известно, что в гетероструктурах сверхпроводник/ферромагнетик сверхпроводящие корреляции, переносимые парами электронов с противоположными спинами, затухают в ферромагнетике намного быстрее, чем в нормальном металле. Проникновение сверхпроводящих корреляций на значительно более далекие расстояния в ферромагнетик возможно только для триплетных пар с одинаковыми спинами. Все это справедливо в равновесных условиях. Показано, что в неравновесных условиях возможен новый тип слабо затухающего в ферромагнетик эффекта близости, в котором сверхпроводящие корреляции переносятся парами с противоположными спинами.

РФФИ 12-02-00723

Руководитель – к.ф.-м.н. И.В.Бобкова

70. Исследована когерентная спиновая динамика высокоподвижного ( $\mu \sim 5 \cdot 10^6 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{сек})$ ) двумерного электронного газа в 17 нм GaAs квантовой яме (КЯ) с помощью магнито-оптического эффекта вращения Керра при  $T \sim 1.8\text{К}$ .

Обнаружено, что время спиновой дефазировки двумерных электронов сверхлинейно возрастает с уменьшением плотности квазидвумерных

электронов. Экспериментально измерены время релаксации по импульсу и анизотропия спиновой релаксации двумерных электронов. Полученные данные позволили вычислить величину спин-орбитального расщепления как функцию плотности квазидвумерных электронов для разных кристаллографических направлений.

В режиме целочисленного эффекта Холла (ЦЭХ) изучена спиновая дефазировка для нижнего и верхнего спиновых подуровней полностью заполненного уровня Ландау для факторов заполнения вблизи  $\nu = 3$ . Обнаружено существенное (на 2 порядка величины) увеличение времени спиновой дефазировки электронов с верхнего спинового подуровня при факторе заполнения  $\nu = 3$ . Данный факт указывает на существенную роль коллективных явлений в плотном газе квазидвумерных электронов при нечетных факторах заполнения.

РФФИ № 12-02-00796

Руководитель – к.ф.-м.н А.В. Ларионов

71. Разработан теоретический подход, позволяющий рассчитать динамику многомодовой системы квазидвумерных экситонных поляритонов в условиях сочетания когерентной оптической накачки и поверхностных акустических волн, возбуждаемых в активном слое микрорезонатора.

Рассчитано пространственное распределение интенсивности и сигнала фотолюминесценции резонатора в условиях когерентного одномодового фотовозбуждения в зависимости от параметров поверхностной акустической волны в активном слое. Показано, что тип пространственного распределения сигнала фотолюминесценции может быть пороговым образом изменен при малом изменении параметров поверхностной акустической волны.

Изучены неравновесные структуры, возникающие в пространственном распределении поляризации сигнала фотолюминесценции резонатора в условиях смешанного акустооптического возбуждения.

РФФИ 12-02-00799-а

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

72. В аппарате высокого давления с алмазными наковальнями были измерены барические зависимости температур перехода в сверхпроводящее состояние образцов аморфного (при давлениях до 15 ГПа) и кристаллического кремния (до 14 ГПа). Впервые измерения проводились бесконтактным методом в гидростатических условиях нагружения (смесь спиртов).

РФФИ № 12-02-00847

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

73. Для кристаллов, показывающих фазовый переход с изменением состава  $\delta$ -(BEDT-TTF) $_4$ [OsNOCl $_5$ ] $_{1.33}$ (C $_6$ H $_5$ NO $_2$ ) $_{0.67}$   $\Rightarrow$   $\beta''$ -(BEDT-TTF) $_3$ [OsNOCl $_5$ ], был проведен рентгеноструктурный анализ новой кристаллической фазы  $\beta''$ -(BEDT-TTF) $_3$ [OsNOCl $_5$ ]. На молекулярном уровне показаны смещения структурных единиц (молекул) в кристаллической ячейке и возможный путь движения молекулы растворителя при выходе из кристалла. Данный результат был опубликован. Проведена серия рентгенодифракционных экспериментов для кристаллов молекулярного магнетика [Mn $_4$ (hmp) $_6$ Cl(H $_2$ O) $_2$ ](ClO $_4$ ) $_3$ (CH $_3$ CN) $_n$  ( $n < 2$ ) при 130К. Показано, что при выдержке свежеприготовленных кристаллов в нормальных условиях (отжиге) объем ячейки уменьшается, что связано с выходом из структуры молекулы (CH $_3$ CN). Построена зависимость относительной концентрации молекулы растворителя от времени отжига, что позволит провести измерение магнитных свойств кристаллов.

РФФИ 12-02-00869

Руководитель – к.ф.-м.н. С.В. Симонов

74. Методом закалки под давлением до температуры жидкого азота построена изотерма растворимости водорода в аморфной фазе диоксида кремния (кварцевом стекле) при  $T = 250^{\circ}\text{C}$  и давлениях водорода от 6 до 75 кбар. Установлено, что молярное отношение  $X = \text{H}_2/\text{SiO}_2$  линейно возрастает от  $X = 0.14$  при  $P = 6$  кбар до  $X = 0.53$  при  $P = 75$  кбар. Полученное значение  $X = 0.53$  на порядок выше предсказанного теоретически предела  $X = 0.05$  и экспериментального значения  $X = 0.03$ , достигнутого ранее другими авторами.

Изучение образца  $\text{SiO}_2\text{-H}_2$  с  $X = 0.47$  методом комбинационного рассеяния света позволило сделать вывод, что в структуре аморфного  $\text{SiO}_2$  водород содержится в виде молекул и занимает два различных типа полостей. Рентгенографическое исследование показало, что наличие водорода в этих полостях препятствует необратимому уплотнению аморфного диоксида кремния, происходящему при его сжатии до высоких давлений в отсутствие водорода.

РФФИ № 12-02-00871

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

75. В миллиметровом диапазоне длин волн в сапфировом резонаторе измерены температурные зависимости поверхностного импеданса классических сверхпроводников Nb и  $\text{V}_3\text{Si}$  при разных значениях внешнего магнитного поля вплоть до 18 Тл. Разработан электрохимический метод выращивания кристаллов  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  из собственного раствора  $\text{YO}_{1.5}$  в эвтектическом расплаве матричной системы  $\text{BaO} - \text{CuO}_x$ . Получена зависимость величины анодного осадка от силы тока в цепи. Определен катионный состав анодного и катодного осадков. Измерены температурные зависимости магнитной восприимчивости анодного осадка после стадии осаждения и дополнительного отжига в атмосфере кислорода.

РФФИ 12-02-01009

Руководитель – д.ф.-м.н. Трунин М.Р.

76. За отчетный период были изготовлены крупнокристаллические сплавы титана с 3, 5, 10, 20, 30 масс. % ниобия, 1, 2, 3 масс. % никеля, 1, 3, 5, 7, 10 масс. % железа, 2, 3 масс. % меди, 2, 4, 6 масс. % хрома, 2, 4 масс. % кобальта и 3, 5, 7 масс. % ванадия. Начаты длительные изотермические отжики этих сплавов в интервале температур от 600 до 880°C (в вакууме). Была исследована микроструктура ряда сплавов и определена температура начала и конца зернограничного фазового перехода «смачивания» твердой фазой в двухфазной области  $\alpha$ -Ti +  $\beta$ -Ti выше температуры монотектоидного превращения на объемных фазовых диаграммах. Предварительные результаты микроструктурных исследований показали, что очень сильное влияние на зернограничный фазовый переход смачивания оказывает вторая фаза и ее количество. В частности, наблюдали как монотонное (в сплавах с железом), так и немонотонное (например, в сплавах с хромом) изменения доли смоченных границ зерен с температурой.

РФФИ 12-03-00894

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

77. С помощью измерений пропускания света через полупроводниковый планарный микрорезонатор при резонансном фотовозбуждении экситонных поляритонов спектрально-ограниченными лазерными импульсами длительностью 70 пс с пикосекундным разрешением исследован набор устойчивых состояний поляритонной системы при поляризации фотовозбуждения, близкой к линейной. Найдено, что этот набор в микрорезонаторах с расщепленными состояниями нижней поляритонной ветви зависит от направления линейной поляризации. При поляризации накачки, совпадающей с поляризацией нижнего из расщепленных состояний НПВ, при любой плотности накачки существует как минимум одно устойчивое состояние системы с линейной поляризацией, в то время как при ортогональной поляризации накачки

имеется область плотностей возбуждения, в которой устойчивыми являются только состояния с циркулярной поляризацией системы. Установлено, что в последнем случае малые изменения интенсивности накачки могут приводить к неравновесным переходам между состояниями системы с линейной и близкой к циркулярной поляризациями; переключение поляризаций происходит на масштабах времени менее 30 пс.

РФФИ 12-02-31346,

Руководитель - аспирант Секретенко А.В

78. При низкой температуре экспериментально был изучен вклад от неупругих процессов электрон-электронного рассеяния в нелинейный кондактанс классического точечного контакта. Определяющая роль электрон-электронного рассеяния подтверждается сильным искажением зависимости кондактанса от тянущего напряжения слабым магнитным полем и формированием вблизи точечного контакта области "горячих" электронов, на что указывает характерный термоэлектрический отклик в цепи другого близко расположенного гальванически развязанного точечного контакта.

РФФИ 12-02-31404 мол\_a

Руководитель – м.н.с. М.Г.Прокудина

79. Исследованы взаимосвязи между деформационными и оптическими процессами в композитах из неорганических и органических сцинтилляторов. При квазигидростатическом сжатии композитов из сцинтилляционных наночастиц сульфата цезия или фторида лютеция с полистиролом, активированным дифенилоксазолом, происходит уменьшение интенсивности люминесценции дифенилоксазола с одновременным возрастанием люминесценции активаторов неорганических частиц. Измерения кинетики рентгенолюминесценции



указанных композитов демонстрируют снижение интенсивности быстрой компоненты, обусловленной дифенилоксазолом, и возрастание медленной компоненты, обусловленной неорганическим активатором. Оба этих факта можно объяснить тем, что при сжатии композитов заметно искажается атомно-молекулярная структура интерфейсов между неорганическими частицами и органическими молекулами, по которым происходит быстрая передача электронных возбуждений, созданных в неорганических частицах поглощением рентгеновских квантов, органическим люминофором. Искажение интерфейсов затрудняет подобную передачу возбуждений в органику, за счет чего усиливается медленная люминесценция неорганических активаторов. С другой стороны, сопротивление указанных композитов сжимающей деформации при температурах заметно ниже точки стеклования полистирола существенно выше, чем у чистого полистирола, в то время как при приближении к точке стеклования это сопротивление, наоборот, заметно ниже. Противоположность знаков воздействия неорганических наполнителей на деформируемость полистирола вдали и вблизи от точки стеклования можно объяснить тем, что при низких температурах прежде всего проявляется увеличение энергии связи, а вблизи от точки стеклования – возрастание энтропии в композите по сравнению с чистой органикой. Ультрафиолетовое облучение и композитов, и чистого полистирола приводит к резкому обратимому разупрочнению этих материалов вблизи от точки стеклования. Это можно объяснить как возрастанием энтропии системы за счет разрывов внутримолекулярных связей, так и понижением средней энергии связи.

РФФИ 12-02-31693 – мол

Руководитель – к.ф.-м.н. О.А. Шахрай

80. Исследовано влияние динамической деформационной обработки поверхности металлов на кристаллическую структуру и оптические свойства (интегральный коэффициент отражения) образцов.

Рентгенодифракционными методами установлено, что данная обработка приводит к улучшению кристаллической структуры материала, возможные причины этого – уменьшение количества структурных дефектов и реорганизация межзеренных границ. Данные по измерениям интегрального коэффициента отражения говорят об увеличении коэффициента отражения на 10 – 20% по сравнению с образцами, подвергнутыми стандартной абразивной полировке. Указанные исследования оптических свойств находятся в корреляции с рентгеноструктурными результатами.

РФФИ 12-02-31755 мол

Руководитель - к.ф.-м.н. Е.Л. Колыванов

81. Исследованы люминесцентные свойства структур, представляющих собой гидрофильно соединенные пластины Si с отличающимися друг от друга углами разориентации пластин. Проведенные низкотемпературные (6К) измерения фотолюминесценции показали, что спектр люминесценции таких структур сильно отличается от типичного спектра дислокационной люминесценции. Показано, что существует сильная зависимость интенсивности люминесценции и формы спектра от углами разориентации пластин, причем экспериментально определены углы, при которых структуры демонстрируют максимальную интенсивность люминесценции. Проведены температурные измерения спектров люминесценции исследуемых образцов в интервале от 4.2К до 150К. На основании этих данных, а также исследований методом просвечивающей электронной микроскопии, была предложена предварительная модель для объяснения полученных экспериментальных данных.

РФФИ 12-02-31771

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

82. Исследованы особенности влияния динамической деформационной полировки на морфологию, атомарную структуру и свойства

приповерхностных областей твердых тел. Обнаружено улучшение кристаллической структуры металлов (алюминия, меди, нержавеющей стали) в результате обработки поверхности путем обкатки твердыми сферами, проявляющееся в сужении рентгеновских рефлексов. Это указывает на снижение уровня внутренних напряжений, которое можно объяснить выведением структурных дефектов на межзеренные границы под действием движущихся областей локального сжатия, созданных прокатываемыми по поверхности сферами. Обнаруженное улучшение структуры сопровождается повышением светоотражательной способности поверхности в видимом диапазоне, что свидетельствует о ослаблении рассеяния электронов структурными дефектами. При ультразвуковой обработке суспензий из неорганических наночастиц и органических полимеров установлено, что в результате этой обработки повышается качество связей, возникающих между поверхностями наночастиц и указанными молекулами.

РФФИ 12-02-90015

Руководитель - к.ф.-м.н. Н.В. Классен

83. В рамках совместных работ с группой проф. Д.Родичева (INSP, Paris, France) были проведены исследования морфологии тонких островковых пленок Pb на поверхности Si и вихревой структуры сверхпроводящих островков в присутствии магнитного поля. Проведены расчеты поверхностного барьера на вход и выход вихрей Абрикосова из таких островков. Показано, что на вход вихрей более серьезное влияние оказывают квантовые флуктуации, тогда как на выход – температурные. Расчет свободной энергии тонких слоев Pb в рамках приближения функционала плотности показал, что квантование электронного спектра может быть причиной зарождения двумерных дефектов в островках.

РФФИ 12-02-91055-НЦНИ\_a

Руководитель - к.ф.-м.н. С.И. Божко

84. Проведено рентгеноструктурное исследование монокристаллов, содержащих новые органические доноры – аминокислотные производные тетрагидрофульвалена (ТТФ). Показано, что в них формируются характерные для аминокислот пептидные водородные связи N–H...O между молекулами. Изучены структурные фазовые переходы с упорядочением заряда в молекулярном проводнике (EDT-TTF-CONH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>[Re<sub>6</sub>Se<sub>8</sub>(CN)<sub>6</sub>] при изменении температуры и давления. Расчеты электронной зонной структуры показали, что в трехмерном представлении энергетические уровни образуют так называемый конус Дирака, аналогично графену, и эта электронная структура стабильна при изменении внешних условий. (в) Исследована структура нового молекулярного ротора и обнаружен фазовый переход с упорядочением роторной компоненты при понижении температуры. Вращение ротора подтверждено измерениями времени спин-решеточной релаксации. (г) Синтезирован первый гибрид молекулярного проводника и молекулярного ротора, изучены его кристаллическая структура и свойства.

РФФИ № 12-03-91059-НЦНИ

Руководитель – к.ф.-м.н. Л.В. Зорина

85. Разработан теоретический подход, позволяющий рассчитать динамику многомодовой системы квазидвумерных экситонных поляритонов в условиях сочетания когерентной оптической накачки и поверхностных акустических волн, возбуждаемых в активном слое микрорезонатора.

Рассчитано пространственное распределение интенсивности и сигнала фотолюминесценции резонатора в условиях когерентного одномодового фотовозбуждения в зависимости от параметров поверхностной акустической волны в активном слое. Показано, что тип пространственного распределения сигнала фотолюминесценции может быть пороговым образом изменен при малом изменении параметров поверхностной акустической волны.

Изучены неравновесные структуры, возникающие в пространственном распределении поляризации сигнала фотолуминесценции резонатора в условиях смешанного акустооптического возбуждения.

РФФИ 12-02-00799-а

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

86. Исследование влияния неоднородности упаковки волокон в поперечном сечении образца в композитах с оксидными волокнами и матрицей из никелевых сплавов на положение максимума прочности в зависимости прочности композитов от объемного содержания волокна показало, что максимум смещается в сторону больших величин объемной доли волокон при их однородном распределении, а влияние неоднородности связано с масштабом неоднородности относительно размера поперечного сечения образца и нуждается в дальнейшем изучении. Кроме того, экспериментально определяются допустимые границы параметров термоциклирования под нагрузкой для таких композитов. Получены также предварительные данные в экспериментах при растяжении образцов  $Y_3Al_5O_{12}/Mo$  при высоких температурах, направленные на подтверждение характеристики ползучести, получаемых экспресс-методом при испытаниях образцов на изгиб. Для композитов с оксидными волокнами и оксидной матрицей установлены режимы изготовления методом порошковой металлургии с целью получения структур с квазипластичным поведением под нагрузкой.

РФФИ 12-08-00910-а

Руководитель - к.т.н. В.М. Кийко

87. Созданы экспериментальные установки для исследования диаграмм направленности антенн и диэлектрических свойств материалов. Рассчитаны несколько типов антенн, проведена их оптимизация с точки зрения максимальной выходной мощности и узости диаграммы направленности антенны. Проведён сравнительный анализ

диэлектрических свойств доступных материалов, пригодных для изготовления антенн. Изготовлены прототипы антенн и измерены их излучательные характеристики. Наиболее перспективным материалом для изготовления антенн признан фторопласт (тефлон). Наиболее перспективными признаны антенны, выполненные из листового фторопласта. Они дают максимальную мощность (меньшую, но сопоставимую с результатом для эталонного рупора), достаточно однородный, узкий и правильно направленный пучок излучения (сравнимый с эталонным рупором), просты в изготовлении и, как правило, допускают некоторую частотную юстировку уже после изготовления.

Хоздог 924-11

Руководитель – к.ф.-м.н. Нефёдов Ю.А.

88. Разработана трехслойная технология изготовления SFS-контактов Nb-Cu<sub>0.47</sub>Ni<sub>0.53</sub>-Nb, позволяющая изготавливать образцы с латеральными размерами порядка 1 мкм. Основной особенностью данной технологии является осаждение слоев сверхпроводника и ферромагнетика на первом этапе в едином вакуумном цикле. Показано, что максимальная критическая плотность тока в состоянии с инверсией сверхпроводящей фазы составляет около 20 кА/см<sup>2</sup> при температуре жидкого гелия 4.2 К. Изготовлена серия контактов Nb-Cu<sub>0.47</sub>Ni<sub>0.53</sub>-Nb с толщинами слоев CuNi от 6 нм до 26 нм, что обеспечило возможность построить фазовую диаграмму 0- и пи-состояний. Показано, что состояние с инверсией сверхпроводящей фазы является основным в диапазоне толщин от 8 нм до 21 нм. Сравнение с ранее полученными результатами говорит о том, что при использовании «старой» технологии (технологии послойной сборки) существенную роль играют процессы межслойной диффузии в использованном композитном барьере CuNi/Cu.

Хоз договор

№ 938-11

Руководитель – к.ф.-м.н. В.В. Больгинов

89. ОКР «Проведение совместных экспериментов на аппаратуре ПОЛИЗОН-2 в ходе полета на КА «ФОТОН-М» №4». Шифр ОКР-«ИФТТ-С».

Этап № 1 «Проведение исследований материалов, полученных в ходе наземной отработки экспериментов, с целью определения оптимальных технологических параметров экспериментов»

Объектами ОКР являлись кристаллы теллурида цинка-кадмия, германия и  $Ge_{1-x}Si_x$ , выращенные в рамках наземной отработки на аппаратуре ПОЛИЗОН-2 в ходе подготовки космических экспериментов (КЭ) на космическом аппарате (КА) «ФОТОН-М» №4.

Цель работы – проведение исследований материалов, полученных в ходе наземной отработки, с целью определения оптимальных технологических параметров экспериментов.

Результаты работы. Исследованы образцы теллурида цинка-кадмия, германия и  $Ge_{1-x}Si_x$ , полученные в ходе наземной отработки КЭ. Определены оптимальные технологические параметры экспериментов.

Основные результаты работы отвечают требованиям ТЗ и находятся на высоком научно-техническом уровне.

Область применения. Ресурсные испытания научной аппаратуры, наземная отработка КЭ, подготовка летных экспериментов.

Источник финансирования: договор от 10 января 2012 г. № 962-12.

Руководитель – к.т.н. Н.Н. Колесников

В ходе выполнения договора были систематизированы результаты совместных работ с ОАО «Подольскогнеупор»:

- по модификации карбидокремниевой керамики, применяемой для производства электронагревательных элементов, с целью улучшения функциональных характеристик;

- по разработке новых карбидокремниевых композиционных материалов и изделий различной геометрии (воронки, сопла, тигли, термодарные чехлы, крупногабаритные трубы, фильтры и т.п.) на основе модифицированной керамики из рекристаллизованного карбида кремния.

Разработана методика нанесения защитных покрытий на керамику из рекристаллизованного карбида кремния.

Разработана методика жидкофазной сварки изделий из карбидокремниевой керамики.

Хоз. договор № 960-11

Руководитель – д.т.н. В.Н. Курлов

90. В ходе выполнения договора был разработан опытный образец сапфировой трубы с прозрачностью в видимом диапазоне не менее 65%, с внутренним диаметром 10,3 мм, внешним диаметром 13 мм, общей длиной 650 мм. Выращивание проводилось из молибденового формообразователя на установке индукционного нагрева в атмосфере аргона. Для получения высококачественной сапфировой трубы была проведена оптимизация скоростей вытягивания на различных этапах процесса выращивания. На этапе затравливания точечной затравкой и наращивания трубы процесс проводили при скоростях 20-30 мм/час, стационарное выращивание трубы осуществляли на скоростях 75-80 мм/час. Конструкция формообразователя (за счет специального расположения капиллярного канала) позволила осуществить оттеснение мелких пор и включений преимущественно в приповерхностный слой кристалла, ширина которого не превышала 0,1 мм.

Хоз. договор № 975-12

Руководитель – д.т.н. В.Н. Курлов

91. Договор посвящен исследованию структуры и состава тонких пленок многослойных интерференционных покрытий лазерных зеркал. По результатам работы был составлен отчет, содержащий информацию о



структуре исследуемых пленок, химическом составе и его однородности (договор с условиями конфиденциальности)

Хоздог № 976-12

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

92. В монокристаллах кремния, представленных **Bosch**, исследовано распределение диффузионной длины неосновных носителей, глубокие уруни рекомбинации носителей тока, рентгеновские топограммы, ИК спектры поглощения в диапазоне температур от 10 до 300 К, картины химического травления. Исследования направлены на создание солнечных элементов с высоким к.п.д. из поликристаллического кремния.

Хоздог кт-1-11-1 Бош.

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

93. Поликристаллы кремния выращены фирмой Пиллар двумя методами: индукционной плавки в холодном тигле и методом направленной кристаллизации. Представлены были также солнечные элементы, изготовленные из поликристаллического кремния. В ИФТТ РАН исследовано распределение диффузионной длины неосновных носителей, глубокие уруни рекомбинации носителей тока. Исследования направлены на создание дешевых солнечных элементов.

Хоздог кт-2-11-21 Пилар

Руководитель – к.ф.-м.н. А.В.Баженов.

94. Выращен кристалл бромида лантана, имеющий низкую фоновую активность. Исследованы его спектральные и сцинтилляционные характеристики.

Существенным недостатком сцинтиллятора  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$  является достаточно высокая собственная активность кристалла вследствие распадов радиоактивного изотопа  $^{138}\text{La}$ , а также  $^{227}\text{Ac}$ , являющегося

сопутствующей примесью La из-за близости их химических свойств. Поэтому величина собственного фона выращенного кристалла существенно зависит от степени очистки исходного сырья от примеси  $^{227}\text{Ac}$ . Нами разработана методика определения фоновой активности шихты для роста кристаллов  $\text{LaBr}_3:\text{Ce}$ . Бромид лантана, выращенный из низкофоновой шихты, имеет в диапазоне энергий 1.4-3.0 МэВ уровень собственного фона 4.6 имп/сек, в то время как активность высокофоновых образцов равна 53.8 имп/сек.

Хоз. Договор №970-12

Отв. Исполнитель д.ф.-м.н. С.З.Шмурак

95. Исследовано пропускание микроволнового излучения полоской двумерной электронной системы, помещённой на металлический резонатор. Обнаружено поляритонное возбуждение двумерной электронной системы в режиме сверхсильного спаривания, которое не было исследовано ранее. Физически этот предел соответствует созданию сложного возбуждения: фотона, окружённого облаком электронов. Показано, что в нулевом магнитном поле частота поляритона определяется в основном фотонной частотой резонатора и феноменологическим фактором перекрытия между резонатором и двумерной электронной системой. Продемонстрировано, что существующие теоретические модели не могут количественно описать наблюдаемое поляритонное состояние. Кроме того, представлена первая демонстрация краевой магнитоплазменной поляритонной моды. Возможность регулировки изучаемой системы делает её привлекательной для различных приложений, работающих в режиме сверхсильного спаривания.

Хоздог 996-12

Руководитель – к.ф.-м.н. Муравьев В.М.

96. Шестой (заключительный) этап работы был посвящен анализу экспериментально реализуемых способов управления состоянием оптического отклика квантового микрорезонатора с сильной экситон-фотонной связью в следующих случаях: 1) в мультистабильном режиме (тогда, когда частота когерентной внешней накачки превосходит частоту невозмущенного поляритонного уровня) и 2) в режиме стимулированного поляритон-поляритонного рассеяния (когда квазиимпульс накачки отвечает точке перегиба нижней поляритонной ветви), приводящего к самоорганизации системы и возникновению в ней крупномасштабной пространственно-временной когерентности. Сравнение с экспериментом позволило установить, что разработанная в ходе данного проекта теоретическая модель предоставляет самосогласованное и достаточно полное описание поляритонной динамики в режиме импульсной резонансной оптической накачки длительностью порядка наносекунды и предлагает качественно верные поправки к известным из литературы когерентным моделям поляритонных систем, позволяющие учесть воздействие некогерентного экситонного резервуара.

ГК П1236 от 7.06.2010 ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 гг., ГК П1236 от 7.06.2010, заключительный этап

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

97. Проведено рентгеноструктурное исследование (при комнатной и низкой температуре) монокристаллов новых наномангнетиков:

а) на основе  $Mn(salen)$ ,  $Mn(3-MeO-salen)$  и  $Mn(salpn)$  (8 соединений);

б) на основе  $Ru(acac)_3$ ;

в) на основе  $Mn_7O_{12}$  гексакубанового каркаса с  $hmp$  и  $Br$  лигандами  $[Mn_7(OH)_3(hmp)_9Br_3]Br_2 \cdot 4(CH_3CN)H_2O$ ,  $hmp = 2$ -гидрокси-метилпиридин;

г) на основе  $Mn_4O_6$  бикубанового каркаса с  $hmp$ ,  $CH_3CN$  и  $NO_3$  лигандами  $[Mn_4(hmp)_6(CH_3CN)_2(NO_3)_2]ReCl_6 \cdot 4(CH_3CN)$ .

Хоздоговор № 1000-12

Руководитель – к.ф.-м.н. Л.В. Зорина

98. В работе методами рентгенографии, сканирующей электронной микроскопии, локального рентгеноспектрального анализа и просвечивающей электронной микроскопии изучены структурные характеристики наночастиц в биоорганическом удобрении «Nagro». Выявлено 3 типа наночастиц, различающихся по структуре, морфологии и размеру. Определены морфологические особенности и размер наночастиц. Построено распределение по размерам. Средний размер наиболее многочисленных глобулярных частиц составляет 275 нм. Установлен элементный и фазовый состав удобрения. Обнаружено наличие выделений кристаллических фаз  $K_2SO_4$ ,  $K_2S_4O_6$ ,  $K_2S_2O_5$ .

Хозяйственный договор 1004 – 12.

Руководитель – проф. А.С. Аронин

99. Проведены исследования световых сцинтилляторов  $LaBr_3:Ce$  при использовании различных покрытий, имеющих высокий коэффициент отражения: зеркального (алюминий) и диффузно отражающих покрытий (порошок  $MgO$ , тефлоновая лента и мелкодисперсный порошок тефлона). Из исследованных нами покрытий, наиболее эффективным является диффузно отражающий мелкодисперсный порошок тефлона.

Выращены 2 кристалла  $LaBr_3:Ce(2\%)$ , имеющие диаметр 25мм и высоту 25мм. Они помещены в герметичный контейнер с оптимизированным светоотражающим покрытием. Исследованы спектральные, временные и сцинтилляционные характеристики изготовленных образцов.

Выращенные кристаллы удовлетворяют требованиям, указанным в техническом задании настоящего договора

Хоз. Договор № 1005-12

Руководитель - д. ф.-м. н. С.З.Шмурак

100. ОКР «Подготовка летных экспериментов по выращиванию кристаллов КЦТ и GaSe, и по определению коэффициентов диффузии Si в жидком Ge». Шифр ОКР-«ИФТТ-Р». Этап № 1 «Подготовка летных экспериментов, изготовление штатных ампул с материалами».

Объектами ОКР являлись ампулы для выращивания кристаллов теллурида цинка-кадмия методом движущейся зоны, для выращивания кристаллов селенида галлия методом Бриджмена, для определения коэффициента диффузии кремния в расплаве германия.

Цель работы – Подготовка летных экспериментов, изготовление штатных ампул с материалами для проведения КЭ на КА «ФОТОН-М» №4.

Результаты работы. Разработаны, изготовлены и поставлены ампулы с исходными материалами для проведения: а). динамических испытаний научной аппаратуры; б). ресурсных испытаний научной аппаратуры; в). летных экспериментов.

Основные результаты работы отвечают требованиям ТЗ и находятся на высоком научно-техническом уровне.

Область применения. Ресурсные испытания научной аппаратуры, наземная отработка космических экспериментов.

Источник финансирования: Договор от 10 января 2012 г. № 963-12.

Руководитель – к.т.н. Н.Н.Колесников

101. Исследование микроструктуры и состава поперечного сечения перехода «Crofer 22 APU с Ni покрытием – катод» после испытаний токового коллектора в условиях катодной камеры ТОТЭ показали, что на поверхности токового коллектора не образуется окисной пленки хрома; хром, диффундирующий к поверхности токового коллектора, окисляется под поверхностью до  $Cr_2O_3$ , с образованием островковой окисной пленки. Проведены длительные исследования зависимости величины удельного поверхностного сопротивления (ASR) перехода «токовый коллектор-катод» для образцов токовых коллекторов из стали Crofer 22 APU без

покрытия и с поверхностно модифицированным слоем. Показано, что разработанная методика модификации поверхности токовых коллекторов ТОТЭ, позволяет существенно уменьшить скорость окисления поверхности ферритных нержавеющей сталей, работающих в окислительной атмосфере и при высоких плотностях тока ( $\sim 0.5 \text{ А/см}^2$  при температурах около  $850^\circ\text{C}$ ).

Министерство образования и науки Российской Федерации.

Государственный контракт № П431 выполняемый в рамках мероприятия 1.2.1 «Проведение научных исследований научными группами под руководством докторов наук» направления 1 «Стимулирование закрепления молодежи в сфере науки, образования и высоких технологий» федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

Руководитель – д.ф.-м.н. С.И.Бредихин

102. В ходе выполнения договора: разработаны и изготовлены тепловые зоны с использованием индукционного и резистивного нагрева, оптимальные конструкции формообразователей и системы стабилизации диаметра для выращивания сапфировых волокон диаметром не более 180 мкм в групповом режиме. Для осуществления устойчивого роста волокон разработаны системы контроля с обратной связью (одноканальное управление по температуре) с использованием датчика веса и камер высокого разрешения, позволяющие контролировать диаметр волокон в процессе их выращивания. Выращены сапфировые однородно-ориентированные волокна с диаметром не более 180 мкм в групповом режиме. Проведено исследование структуры и качества выращенных волокон. Результаты работы могут быть использованы при разработке новых жаропрочных материалов для температур выше  $1100^\circ\text{C}$  на основе композитов с металлической или интерметаллидной матрицы,

армированной монокристаллическим сапфировым волокном. Поставленные в ТЗ задачи выполнены в полном объеме. В том числе изготовлена опытная партия образцов МКВ диаметром не более 180 мкм.

Хоз. договор 823-09/4643 от 15.06.2010 с ФГУП «ВИАМ»

Руководитель – д.т.н. В.Н. Курлов

103. Полиакриламидным методом синтезирован сложный оксид SYCM для использования его в качестве катода для среднетемпературных ТОТЭ. Отработана методика получения однофазного порошка SYCM. Показано, что наиболее оптимальными условиями синтеза является синтез порошка при температуре 1200°C в течение 5 часов. Изучено химическое взаимодействие катодного материала  $Sr_{0.75}Y_{0.25}Co_{0.5}Mn_{0.5}O_3$  с материалами ТОТЭ. Обнаружено образование новой фазы плохо проводящей фазы  $SrZrO_3$  в результате химического взаимодействия материалов SYCM катода и 10Sc1YSZ электролита. Предложено использовать защитный подслоя GDC для предотвращения химического взаимодействия между SYCM катодом и электролитической мембраной 10Sc1YSZ.

Проведены сравнительные исследования модельных образцов ТОТЭ с  $Sr_{0.75}Y_{0.25}Co_{0.5}Mn_{0.5}O_{3-y}$  и  $La_{0.8}Sr_{0.2}MnO_3$  катодами. Показано, что даже при использовании 500 мкм мембраны анионного проводника 10Sc1YSZ мощностные характеристики ТОТЭ с  $Sr_{0.75}Y_{0.25}Co_{0.5}Mn_{0.5}O_{3-y}$  катодом в 1.5 раз лучше чем у ТОТЭ с LSM катодом.

Х.д. №950-11 на выполнение научно-исследовательских работ (или части) по Государственному контракту № 14.740.12.1358 от 12.10.2011 г.

Руководитель – д.ф.-м.н. С.И.Бредихин

Были измерены коэффициенты теплопроводности образцов изоляционных покрытий, предоставленных компанией ООО «Супериор Продактс Восток» в широком диапазоне температур от комнатных до ~200 оС при которых образцы начинали разлагаться.

Договор 971-12 о научно-исследовательской работе с ООО «Супериор Продактс Восток»

Руководитель – д.ф.-м.н. В.Б.Ефимов

104. Методами металлографии, сканирующей электронной микроскопии, локального рентгеноспектрального анализа изучена структура изломов сплавов системы Al-Si. Определены типы изломов образцов и их зависимости от способа получения. Показано, что однородность структуры излома повышается с увеличением коэффициента вытяжки (образцы 1-3). Определены факторы, ответственные за разрушение. Обнаружено, что в очагах разрушения находятся либо крупные кристаллы (кремния,  $\Theta$ -фазы) или области несхватывания. Эти места являются слабыми и разрушение начинается с них.

Х.д. № 979-12-\_/0105-22012 от 02 апреля 2012 г

Руководитель – проф. А.С.Аронин

105. Разработан и выпущен сквозной план-график подготовки и проведения КЭ «Фуллерен». Сквозной план-график согласован с ФГУП ЦНИИмаш, ОАО РКК «Энергия», ФГУП «ЦЭНКИ», ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина». Подготовлены и выпущены основные методические положения по космическому эксперименту (КЭ) «Фуллерен». Представлены презентационные материалы и аннотационные материалы по подготовке КЭ «Фуллерен».

Хоздог № 981-12 от 10.01.2012.

Руководитель – к.ф.-м.н. А.В.Баженов.

106. Проведено исследование процессов распространения поверхностных магнитоплазмонных волн в планарных магнитных метаматериалах. Изучены свойства частотно-селективных поверхностей, сконструированных из ферромагнитных микропроводов. Проведено исследование плазмонного резонанса для сверхпроводящего димера, сложных сверхпроводящих структур: тримеров и цепочек гранул. Исследованы возможности управления параметрами ферромагнитных микропроводов -



метаматериалов при помощи воздействий на них внешним магнитным полем. Результаты могут быть использованы при создании магнитных и сверхпроводниковых метаматериалов.

Хоздоговор 983-12 от 02 апреля 2012 г. НИР по теме «"Управляемые" метаматериалы»,

Руководитель – д.ф.-м.н. М.Р.Трунин

107. Разработана технология изготовления слитков из сплава ТСМ-7 и ТСМ-7С с содержанием углерода 0,01 и 0,02 масс.%. Технология включает в себя приготовление лигатуры, электронно-лучевую плавку электрода и вакуумно - дуговую плавку слитков. Лигатуру состава Мо-2,3% вес. Та получали сплавлением штабиков молибдена и танталовой фольги на электронно-лучевой установке в полосы шириной 25мм и длиной 250мм. Электронно- лучевую плавку электродов проводили на установке ЕМО250 в кристаллизатор диаметром 65мм. Вакуумную дуговую плавку проводили на установке ДДВ. Полученные слитки подвергали токарной обработке. На слитки выпущены ТУ 1741-001-002699796-12. Из слитков методом горячей экструзии изготовлены прутки диаметром 35 и 60 мм. Методом горячей свободной ковки на плоских бойках изготовлены прутки диаметром 80мм. Методом горячей свободной ковки на плоских бойках и последующей прокатки изготовлен лист размером 2x500x900мм. и диск диаметром 500 и толщиной 13мм. Рекомендованы направления совершенствования состава сплава ТСМ-7С и технологии изготовления изделий из них.

Хоз. договор 984 -12

Руководитель – чл.-корр. РАН М.И. Карпов

108. Целью данной работы является создание гетероструктур на основе арсенида галлия, отличающихся режимом изготовления контактов, исследование вольт-амперных характеристик полученных структур, исследование их детекторных характеристик и анализ их возможных

корреляций с целью нахождения оптимальных методик изготовления контактов. В соответствии с календарным планом подготовлен литературный обзор по экспериментальным методикам исследования фотоотклика и вольт-амперных характеристик исследуемых структур. Разработаны экспериментальные методики для исследования.

Хоздог 985-12

Руководитель – к.ф.-м.н. Ю.А.Нефёдов

109. Изучена морфология и структура образцов сплавов после механических испытаний при комнатной и повышенной температурах. Образцы имеют фазовый состав: Cr + Ni (Cr, W), встречаются включения титана, кремния. Размер зерен составляет 1-5 мкм, наблюдается текстура в ориентациях зерен. Текстура уменьшается в области разрушения. Определены параметры решетки и концентрации компонентов в структурных составляющих. По мере повышения температуры испытания концентрация хрома в зернах никеля повышается и достигает (оценочно) величины 40 -45%.. Обнаружено увеличение параметра решетки в областях разрыва, которое предположительно связано с увеличением концентрации хрома. Обнаружена повышенная пористость в области разрыва, которая более ярко выражена в образцах после высокотемпературных испытаний. В образцах Al – Ni – Si структура изломов коррелирует с механическими свойствами. Более однородные образцы (75-19) показывают более высокие свойства. Очагом разрушения являются неоднородности структуры: большие частицы кремния (размером около 50 мкм) или места недостаточно плотного компактирования. Обнаружено высокое содержание углерода, причем в образцах поперечной вырезки оно выше, чем долевой.

Х.д. № 988-12 в рамках Госконтракта №836-M107/09 от 26.06.2009.

Руководитель – проф. А.С.Аронин

110. В ходе выполнения договора проведены эксперименты по получению сплавов на основе палладия.

Для полученных сплавов определены:

- температуры плавления и затвердевания;
- электропроводность токовихревым методом;
- твердость HV.

Оптимизированы режимы (скорости нагрева и охлаждения, температура выдержки и время перемешивания компонентов сплава, давление аргона) кристаллизации сплавов и материал тигля.

Исследовано влияние высокотемпературного отжига на микротвердость сплавов.

Проведено исследование микроструктуры полученных сплавов.

Хоз. договор № 987-12

Руководитель – д.т.н. В.Н. Курлов

111. Исследована структура и состав тонких пленок многослойных интерференционных покрытий лазерных зеркал. Определено наличие и количество посторонних примесей в слоях  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  исследуемых зеркал в зависимости от глубины (построены профили травления). Определены состояния межслойных границ и наличия переходного слоя.

Х.д. 989-12

Руководитель – д.ф.-м.н. С.И.Бредихин

112. Отработаны режимы приготовления шликера, контроля параметров шликера, литья керамической ленты, определены обжиговые характеристики керамики при различных температурах спекания. Использование линии КЕКО позволило получать сырые пленки необходимого состава, толщины и т.д. Печи Nabertherm позволяют удалять связку и спекать керамические пластины. Создана лабораторная методика изготовления токовых коллекторов ТОТЭ из ферритной нержавеющей стали Crofer 22APU размером  $70*78 \text{ мм}^2$ , обеспечивающих

газораспределение, крепление и токосъем отдельных ТОТЭ размером 50\*50мм<sup>2</sup>.

Х.д. 994-12 (Рег. номер Договора № 4/2015–Д от 13 августа 2012 года)

Руководитель – д.ф.-м.н. С.И.Бредихин

113. Методом монокристалльного низкотемпературного структурного анализа исследованы структуры четырех новых ионных соединений, содержащих дианионы фуллерена  $C_{60}^{2-}$ :  $(TMP^+)_2 \cdot (C_{60}^{2-}) \cdot (C_6H_4Cl_2)_2$  (2),  $\{дибензо-18-краун-6 \cdot [Na^+] \cdot (C_6H_5CN)_2\}_2 \cdot (C_{60}^{2-}) \cdot C_6H_5CN \cdot C_6H_4Cl_2$  (3),  $\{криптан-2,2,2[Na^+]\}_2 \cdot (C_{60}^{2-})$  (4) и  $(PPN^+)_2 \cdot (C_{60}^{2-}) \cdot (C_6H_4Cl_2)_2$  (5). Соли показывают схожее поведение в ЭПР, которое можно объяснить диамагнитным основным состоянием дианионов  $C_{60}^{2-}$ , тогда как при повышении температуры происходит заселение вышележащего возбужденного триплетного уровня, отделенного от основного уровня энергетической щелью 487-540 см<sup>-1</sup>. Наблюдаемое расщепление LUMO  $C_{60}$  (НОМО для  $C_{60}^{2-}$ ) связано с проявлением эффекта Яна-Теллера для  $C_{60}$  с трехкратновырожденной LUMO орбиталью. Расщепление LUMO  $C_{60}$  было проанализировано с использованием расширенного метода Хюккеля по рентгеноструктурным данным для монокристаллов соединений  $C_{60}$ , содержащие нейтральный  $C_{60}$ , моно- и дианионы  $C_{60}$ .

Х.д. 997-12

Руководитель – к.ф.-м.н. С.С.Хасанов

114. Используя схему плавки в индукционной печи в атмосфере аргона, проведен комплекс исследований по изучению влияния легирования на структуру и жаропрочные свойства образцов. В результате этих исследований разработаны два близких по составу в ат.% сплава Т19 (44,2Nb-15,6Si-12,75Ti-4,25Zr-4,25Hf-3,4Cr-3,4Al-8,5Mo-1,7V-1,7Y) и Т23 (45,08Nb-15,91Si-13Ti-4,33Zr-4,33Hf-3,42Cr-3,47Al-8,57Mo-1,73Y).

При температуре 1350°С их прочность находится на уровне 571 – 607 МПа. Эти значения почти в 1,5 раза превышают измеренные в настоящей

работе на сплаве MASC, разработанного компанией General Electric – 429 МПа.

В рамках порошковой технологии, используя различные технологические схемы, получены данные о структуре и жаропрочных механических свойствах образцов различных составов. В результате проведенных исследований установлено, что наиболее благоприятные структурные и механические характеристики имеют образцы, полученные методом смешивания порошка интерметаллида и ниобия и последующим спеканием под давлением. Эти образцы имеют наиболее высокие значения высокотемпературной кратковременной прочности - на уровне 240 МПа.

Разработан метод построения потенциалов взаимодействий между атомами в системе Nb-Al, продемонстрирована эффективность этого метода на примере построения потенциалов Nb из экспериментальных данных и результатов расчетов «из первых принципов» и представлены результаты расчетов характеристик модельных решеток Nb-Al в рамках функционала электронной плотности, положенные в основу построения потенциалов для системы Nb-Al.

Разработан метод построения классических потенциалов межатомных взаимодействий в кремнии без привлечения моделей химической связи. Разработан простой генетический алгоритм оптимизации параметров потенциалов, который позволяет однозначно строить классические потенциалы при числе оптимизируемых параметров в несколько сотен и числе подгоняемых «первопринципных» и экспериментальных данных несколько тысяч. Построены потенциалы для кремния. Методом функционала электронной плотности рассчитаны энергии образования и установлены равновесные межатомные расстояния в наборе модельных решеток Nb-Si, отражающих структуру известных равновесных и метастабильных фаз бинарной системы Nb-Si, для построения гетерогенной части классических взаимодействий Nb-Si.

Произведено сравнение результатов компьютерного моделирования и экспериментальных результатов исследованных сплавов, показавшее высокий уровень их соответствия.

Разработаны технические требования на ОКР по теме «Разработка конструкции промышленного образца жаропрочного сплава, близкого по составу в атомных процентах к сплавам Т19 - Т(44,2Nb-15,6Si-12,75Ti-4,25Zr-4,25Hf-3,4Cr-3,4Al-8,5Mo-1,7B-1,7Y) и Т23 (45,08Nb-15,91Si-13Ti-4,33Zr-4,33Hf-3,42Cr-3,47Al-8,57Mo-1,73Y), и промышленной технологии его производства».

Госконтракт № 14.740.11.0145 в рамках целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы» по теме: «Создание новых жаропрочных сплавов систем Nb-Si и Nb-Al для авиационных и энергетических газотурбинных двигателей нового поколения»

Руководитель – чл.-корр. РАН М.И. Карпов

115. На основании исследования динамики конденсации экситонных поляритонов в GaAs микрорезонаторах с добротностью  $Q = 2000-8000$  определены все основные механизмы энергетической релаксации поляритонов при резонансном фотовозбуждении в экситонный уровень и при межзонном фотовозбуждении. Проведено теоретическое исследование неравновесных переходов в мультистабильной системе квазидвумерных экситонных поляритонов в планарных микрорезонаторах под действием субтерагерцовых (с длительностями 25 пс) акустических импульсов.. Установлено, что в условиях бистабильности воздействие коротких акустических импульсов может приводить к значительному (на порядок величины) изменению коэффициента пропускания микрорезонатора.

Найдено, что в квазидвумерной электронной системе зависимость частоты нейтральных возбуждений в режиме вигнеровской кристаллизации от волнового вектора является сверхлинейной и

описывается степенной функцией с показателем, близким к 1.5, что позволяет связать эти возбуждения с магнитофононными модами вигнеровского кристалла. Обнаружено, что основное состояние электронной системы в GaAs гетероструктурах при факторе заполнения  $5/2$  имеет не полную, а лишь частичную спиновую поляризацию, величина которой растет с понижением температуры и составляет 50% при температуре 20 мК.

г/к 14.740.11.0798 от 30.11.2010

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

116. Исследованы структуры, проводящие и магнитные свойства кристаллов новых катион-радикальных солей  $\beta$  - (EDT-TTF) $_2$ Ln[(SCN) $_4$ ] $\cdot$ 4H $_2$ O $^-$  (Ln= Dy, Tb, Er, Gd),  $\beta''$ -(BEDT-TTF) $_4$ K $_x$ (H $_3$ O) $_{1-x}$ [Ru(C $_2$ O $_4$ ) $_3$ ] $\cdot$ C $_6$ H $_5$ Br,  $x < 0.5$ , и  $\beta''$ -(BEDT-TTF) $_4$ K $_x$ (H $_3$ O) $_{1-x}$ [Ga(C $_2$ O $_4$ ) $_3$ ] $\cdot$ C $_6$ H $_5$ Br,  $x < 0.9$ . Кристаллы характеризуются слоистой структурой, в которой катион-радикальные слои разделены двумерной анионной сеткой, в состав которой входят магнитные металлокомплексные анионы Ln[(SCN) $_4$ ] $^-$  или [Ru $^{III}$ (C $_2$ O $_4$ ) $_3$ ] $^-$  и диамагнитный [Ga(C $_2$ O $_4$ ) $_3$ ] $^-$  анион.

Исследованы статические магнитные свойства четырех катион-радикальных солей EDT-TTF, содержащих парамагнитные редкоземельные ионы Tb $^{3+}$ , Dy $^{3+}$ , Ho $^{3+}$ , Er $^{3+}$ . Значения эффективных магнитных моментов при 300К температурах для всех образцов оказались выше теоретически рассчитанных. Во всех исследованных кристаллах при низких температурах обнаружены антиферромагнитные спиновые корреляции, приводящие к уменьшению значения эффективного магнитного момента.

Изучена температурная зависимость сопротивления катион-радикальной соли  $\beta''$ -(BEDT-TTF) $_4$ K $_x$ (H $_3$ O) $_{1-x}$ [Ru(C $_2$ O $_4$ ) $_3$ ] $\cdot$ C $_6$ H $_5$ Br,  $x < 0.5$ ,

которая является первым сверхпроводником ( $T_c = 6.3\text{K}$ ) с парамагнитным противоионом, включающим в свой состав 4d-металл. В отличие от нее, изоструктурная ей Ga-соль является металлом до сверхнизких температур (0.44K). Изучены магнитотранспортные свойства Ga-кристаллов. Обнаружены осцилляции Шубникова – де Гааза со сложным гармоническим составом. В области слабых магнитных полей ( $B < 0.3\text{ T}$ ) в этой соли найдена особенность в виде резкого возрастания сопротивления при введении поля.

Госконтракту № 14.740.11.0911 от 29 апреля 2011 г.

Приглашенный руководитель – М.В.Карцовник,

Отв. исполнитель - д.ф.-м.н. В.Н.Зверев

117. Подготовлено Техническое Задание на разработку Конструкторской документации и изготовление установки по синтезу порошка SiC непрерывным способом из прекурсора, полученного переработкой шелухи риса. Дальнейшие работы будут продолжены в 2013 г. в связи с изменением сроков выполнения договора.

Х/договор 954-11

Руководитель - д.т.н. Г.А.Емельченко

118. Разработана тепловая зона с индукционным нагревом, обеспечивающую выращивание монокристаллов карбида кремния диаметром до 76 мм. На основе лабораторного макета установки определены условия (рабочая температура, градиент температуры в зоне роста, давление в ростовой камере и др.) выращивания монокристаллов карбида кремния политипа 6H диаметром 76 мм и высотой до 20 мм. Разработано Техническое задание на разработку КД и изготовление модифицированной установки для выращивания монокристаллов карбида кремния. Работа будет продолжена в 2013 г. в связи изменением сроков выполнения договора.

Х/договор 955-11



Руководитель - д.т.н. Г.А.Емельченко

119. Измерения значений коэффициентов отражения в видимом диапазоне длин волн образцов покрытия SuperTherm и нескольких образцов сравнения. Были получены значения полных коэффициентов отражения в видимом диапазоне, и дискретные спектральные зависимости в диапазоне 400-920 nm и инфрокрасном спектральном диапазоне от 400 до 5000 см<sup>-1</sup> (от 25 до 2 мкм).

Договор 991-12 о научно-исследовательской работе с ООО «Супериор Продактс Восток»

Руководитель – д.ф.-м.н. В.Б.Ефимов

### **Основные результаты и разработки, доведенные в 2012 г. до готовности к практическому применению**

В рамках опытно-конструкторской работы «Подготовка летных экспериментов по выращиванию кристаллов КЦТ и GaSe, и по определению коэффициентов диффузии Si в жидком Ge», шифр ОКР «ИФТТ-Р», разработана конструкция ампул для выращивания кристаллов теллурида цинка-кадмия в условиях микрогравитации, экспериментальные образцы контейнеров изготовлены и преданы заказчику для практического применения

Руководитель – к.т.н. Н.Н.Колесников

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

В 2012 году Ученый совет ИФТТ РАН провел 28 заседаний, на которых обсуждались следующие вопросы:

Утверждение планов работы Ученого совета

Научные доклады в связи с направлением работ в печать

Научные доклады по основным направлениям научной деятельности института

Обсуждение и утверждение отчета по научно-исследовательской работе института за 2012 год

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

Обсуждение и утверждение результатов конкурса научно-исследовательских работ 2012 года

Отчет дирекции института по итогам 2011 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 2012 году в Учреждении Российской академии наук Институте физики твердого тела РАН работал один диссертационный совет Д 002.100.01, г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д. 2, созданный при ИФТТ РАН приказом Высшей аттестационной комиссии от 15 июня 2001 г. № 1573-в. Срок полномочий совета установлен на период действия Номенклатуры специальностей научных работников. Действующая номенклатура специальностей утверждена приказом Минобрнауки от 25.02.2009 №59. Диссертационный совет Д 002.100.01 утвержден приказом Рособнадзора от 14.10.2009 №2059-2424. Диссертационному совету разрешено принимать к защите диссертации по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния по физико-математическим наукам.

В 2012 году рассмотрены и защищены одна докторская и 4 кандидатских диссертации по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния:

1. Успенская Людмила Сергеевна – доктор физ.-мат. наук (2.10.2012) «Динамические магнитные структуры в сверхпроводниках и магнетиках»
2. Деменев Андрей Анатольевич - кандидат физ.-мат. наук- (24.04.2012) «Кинетика стимулированного поляритон-поляритонного рассеяния в планарных полупроводниковых микрорезонаторах»
3. Шахрай Оксана Анатольевна - кандидат физ.-мат. наук (24.04.2012) «Особенности рентгенолюминесценции композитов из неорганических и органических сцинтилляторов»
4. Прокудина Мария Геннадьевна - кандидат физ.-мат. наук (2.10.2012) «Исследование межэлектронного взаимодействия в двумерных и квазиодномерных системах в арсениде галлия»
5. Столяров Василий Сергеевич - кандидат физ.-мат. наук (2.10.2012) «Исследование сверхпроводящих джозефсоновских контактов с туннельным и ферромагнитным слоями»

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

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

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

- 1) две базовых кафедры МФТИ.

Ведущий ВУЗ - Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический

институт (государственный университет)», в отношении которого установлена категория «Национальный исследовательский университет».

1.1 Кафедра физики твердого тела. Кафедра организована в 1964 году, зав. кафедрой чл-корр. РАН В.Ф. Гантмахер, количество привлеченных научных сотрудников – 13, количество студентов, проходящих обучение – 24, 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 – 15, направление подготовки – 010600

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

Ведущий ВУЗ – Московский государственный университет, физическое отделение создано в 2006 году, зав. физическим отделением д.ф.-м.н. В.Д. Кулаковский, количество привлеченных научных сотрудников – 25, количество студентов, проходящих обучение – 48, направление подготовки – 010400 (физика).

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

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

1. НОЦ «Водородная энергетика».

Руководитель – член-корреспондент РАН В.В.Кведер. НОЦ создан во исполнение решения Ученого совета ИФТТ РАН от 13 апреля 2009 года (протокол №7) и приказа по ИФТТ РАН от 22.04.2009 №46-1252. В

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

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

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

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

Руководитель – проф. А.С.Аронин. НОЦ создан во исполнение решения Ученого совета ИФТТ РАН от 15 февраля 2010 года (протокол №2) и приказа по ИФТТ РАН от 12.03.2010 №14-1252. В составе НОЦ: 3 молодых кандидата наук (до 35 лет), 3 аспиранта и 8 студентов.

6. НОЦ «Жаропрочные материалы»

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

В Институте успешно работает Совет молодых ученых. Председатель Совета молодых ученых и специалистов – Бурмистров Илья Николаевич, (1983 года рождения) научный сотрудник, кандидат физико-математических наук.

В 2013 году двум молодым научным сотрудникам ИФТТ РАН: Терещенко Алексею и Муравьеву Вячеславу - были присуждены стипендии имени Ю.А.Осипьяна.

Все полученные ранее гранты по программе «У.М.Н.И.К.» успешно продолжены на второй год. В настоящее время в ИФТТ РАН выполняются работы по трем направлениям программы «У.М.Н.И.К.»: «Химия, новые материалы, химические технологии»; «Медицина и фармакология»; «Машиностроение, электроника, приборостроение». Гранты программы «У.М.Н.И.К.» получили:

- Фокин Денис, н.с., к.ф.-м.н., "Разработка узла сканирования туннельного микроскопа для проведения исследований в сверхвысоком вакууме при сверхнизких температурах";
- Терещенко Алексей, н.с., к.ф.-м.н., "Инженерия дефектов как способ создания на основе кремния перспективного материала для оптоэлектроники»
- Журавлев Андрей, н.с., к.ф.-м.н. ИФТТ РАН, "Разработка Раман-люминесцентного микроскопа для исследования микробиологических объектов";- Ершов Антон, аспирант ИФТТ РАН, "Разработка электронагревательных элементов на основе карбидокремниевых керамик и композитов";

- Деменева Наталия, младший научный сотрудник ИФТТ РАН, "Разработка защитных покрытий для токовых коллекторов ТОТЭ"
- Федотов Юрий, аспирант, "Разработка новых анодных материалов семейства La-Sr-Ti-Mn-O для среднетемпературных ТОТЭ";
- Агарков Дмитрий, студент МФТИ, "Разработка технологии создания ТОТЭ планарной геометрии на основе тонкого несущего электролита";

### **Патентно-инновационная деятельность**

Институт ведет активную патентно-инновационную деятельность. В 2012 году ИФТТ РАН получено 29 патентов РФ (27 патентов на изобретение и 2 патента на полезную модель):

Патенты на изобретение:

1. №2441300 «Способ изготовления композитной сверхпроводящей ленты на основе соединения Nb<sub>3</sub>Sn», авторы: Карпов М.И., Внуков В.И., Колобов Ю.Н., Голосов Е.В., приоритет: 24.08.10, зарегистрирован: 27.01.12
2. №2441845 «Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе железо-оксид железа », Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет: 06.07.10, зарегистрирован: 10.02.12
3. №2441931 «Антифрикционный сплав на основе алюминия», авторы: Штинов Е.Д., Глебовский В.Г., Чашечкина Ж.Ю., Ищенко В.И., Бывшев П.Я., приоритет: 1.12.10, зарегистрирован: 10.02.12
4. №2441932 «Антифрикционный сплав на основе алюминия», авторы: Штинов Е.Д., Глебовский В.Г., Чашечкина Ж.Ю., Ищенко В.И., Бывшев П.Я., приоритет: 1.12.10, зарегистрирован: 10.02.12
5. №2441933 «Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе натрий-оксид натрия», Сидоров Н.С.,

Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет:17.06.10, зарегистрирован: 10.02.12

6. №2441934«Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе натрий-теллурид натрия », Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет: 06.07.10, зарегистрирован: 10.02.12

7. №2441935 «Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе натрий-теллурид сурьмы», Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет: 06.07.10, зарегистрирован: 10.02.12

8. №2441936 «Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе медь-оксид меди», Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет: 06.07.10, зарегистрирован: 10.02.12

9. №2442749 «Способ получения сверхпроводящего соединения кальций-фосфор-кислород», авторы: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., Авдонин В.В., Шахрай Д.В., приоритет: 10.09.10, зарегистрирован: 20.02.12

10. №2442837 «Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе литий-теллурид сурьмы», авторы: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет: 10.09.10, зарегистрирован: 20.02.12

11. №2442847 «Способ получения кристаллов фуллерена C60 особой чистоты», авторы: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., Баженов А.В., Фурсова Т.Н., Изотов А.Н., Левченко А.А., приоритет: 19.05.10, зарегистрирован: 20.02.12

12. №2443627 «Способ получения сверхпроводящего трехкомпонентного борида», авторы: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет: 03.06.10, зарегистрирован 27.02.12



13. №2446096 «Способ интеркаляции кристаллов фуллерена C<sub>60</sub> цебием», авторы: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., Глебовский В.Г., приоритет: 10.09.10, зарегистрирован: 27.03.12
14. №2446219 «Способ получения высокочистого никеля для распыляемых мишеней», авторы: Глебовский В.Г., Сидоров Н.С., Штинов Е.Д., приоритет: 10.09.10, зарегистрирован: 27.03.12
15. №2446228 «Способ получения заготовок распыляемых мишеней из сплава на основе алюминия», авторы: Штинов Е.Д., Глебовский В.Г., Чашечкина Ж.Ю., Ищенко В.И., Бывшев П.Я., приоритет: 1.12.10, зарегистрирован: 27.03.12
16. №2446229 «Способ получения распыляемых мишеней из сплава на основе алюминия», авторы: Штинов Е.Д., Глебовский В.Г., Чашечкина Ж.Ю., Ищенко В.И., Бывшев П.Я., приоритет: 1.12.10, зарегистрирован: 27.03.12
17. №2454481 «Способ получения составной мишени для распыления из сплава вольфрам-титан-кремний», автор: Глебовский В.Г., приоритет: 03.06.10, зарегистрирован: 27.06.12
18. №2454482 «Способ получения составной мишени для распыления из сплава вольфрам-титан-рений», автор: Глебовский В.Г., приоритет: 03.06.10, зарегистрирован 27.06.12
19. №2454483 «Способ производства литой мишени из сплава на основе тантала для магнетронного распыления», автор: Глебовский В.Г., приоритет: 19.05.2010, зарегистрирован 27.06.12
20. №2454484 «Способ производства литой мишени для магнетронного распыления из сплава на основе молибдена», автор: Глебовский В.Г., приоритет: 19.05.2010, зарегистрирован 27.06.12
21. №2456712 «Источник белого света», Редькин, Сеницин 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

22. №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
23. №2465376 «Способ получения наноалмазов», Брантов С.К., Шмытько И.М., Борисенко Д.Н., приоритет: 09.06.11, зарегистрирован: 27.10.12
24. №2465566 «Образец для инфракрасной спектроскопии и способ его приготовления», Фурсова Т.Н., Баженов В.А., приоритет: 09.06.11, зарегистрирован: 27.10.12
25. №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
26. №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
27. №2469115 «Устройство и способы электронно-лучевой плавки тугоплавких изделий из металлов и сплавов», 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

На полезную модель 2:

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

1. 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

Б. Подано 5 заявок на получение патентов на изобретения РФ:

1. №2012112188 «Способ получения монокристаллов теллурида галлия(II)», авторы: Колесников Н.Н., Борисенко Д.Н., Борисенко Е.Б., приоритет: 29.03.12

2. №2012112190 «Способ получения кристаллов вольфрамата натрия-висмута», авторы: Колесников Н.Н., Редькин Б.С., Борисенко Д.Н., приоритет: 29.03.12
3. №2012116329 «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
4. № 2012124464 «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
5. №2012133362 «Способ получения наноалмазов при пиролизе метана в электрическом поле», автор: Брантов С.К, приоритет: 03.08.12

Получено 10 положительных решений по заявкам на изобретение:

1. №2011108184 «Источник белого света», Редькин, Синицин В.В., Кведер В.В., Колесников Н.Н., Понятовский Е.Г., Шмурак С.З., Киселев А.П., приоритет: 02.03.11, положительное решение: 20.01.12
2. №2011123309 «Способ получения наноалмазов», Брантов И.М., Шмытько И.М., Борисенко Д.Н., приоритет: 09.06.11, положительное решение 21.05.12
3. №2011120763 «Жаропрочный дисперсно-упрочненный сплав на основе ниобия и способы его получения», авторы: Карпов М.И., Коржов В.П., Прохоров Д.В., приоритет: 24.05.11, положительное решение 25.05.12
4. №2011123304 «Образец для инфракрасной спектроскопии и способ его приготовления», Фурсова Т.Н., Баженов В.А., приоритет: 09.06.11, положительное решение 07.06.12
5. №2011123307 «Электропроводное защитное металлическое покрытие токового коллектора и способ его нанесения», Ледуховская

Н.В., Струков Г.В., Бредихин С.И., приоритет: 09.06.11, положительное решение 06.06.12

6. №2011120761 «Жаропрочный материал на основе ниобия и способы его получения», Карпов М.И., Коржов В.П., Прохоров Д.В., приоритет: 24.05.11, положительное решение 26.06.12

7. №2011120759 «Устройство и способы электронно-лучевой плавки изделий из металлов и сплавов», 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, положительное решение 27.06.12

8. № 2011149937 «Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе алюминий-оксид алюминия», авторов: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., приоритет: 07.12.11, положительное решение: 20.08.12

9. № 2011149938 «Способ получения высокотемпературного сверхпроводника в системе магний-оксид магния», авторов: Сидоров Н.С., Пальниченко А.В., приоритет: 07.12.11, положительное решение: 20.08.12

10. №2011123302 «Устройство для получения массивов углеродных нанотрубок на металлических подложках», Колесников Н.Н., Борисенко Д.Н., Левченко А.А., приоритет: 09.06.11, положительное решение: 20.09.12

На полезную модель - 1 заявка:

1. ПМ №2011133873 «Развертка для выполнения многоступенчатых отверстий», авторы: Колесников Н.Н., Борисенко Д.Н., Берзигиярова Н.С., Горячев А.Н., приоритет: 12.08.2011, положительное решение 10.01.12

Поддерживаются в силе 94 патентов:

83 патентов РФ:

1. №2154122 зарегистрирован 10.08.00
2. №2160790 зарегистрирован 20.12.00
3. №2178958 зарегистрирован 27.01.02

4. №2232736 зарегистрирован 20.07.04
5. №2278186 зарегистрирован 20.06.2006
6. №2286317 зарегистрирован 27.10.2006
7. №2293138 зарегистрирован 10.02.07
8. №2296046 зарегистрирован 27.03.07
9. 2307785 зарегистрирован 10.10.07
10. №2311338 зарегистрирован 27.11.07
11. №2315710 зарегистрирован 27.01.08
12. №2318928 зарегистрирован 10.03.08
13. №2321536 зарегистрирован 10.04.08
14. №2333152 зарегистрирован 10.09.08
15. №2365684 зарегистрирован 27.08.09
16. №2367042 зарегистрирован 10.09.09
17. №2367043 зарегистрирован 10.09.09
18. №2366910 зарегистрирован 10.09.09
19. №2370434 зарегистрирован 20.10.09
20. №2372873 зарегистрирован 20.11.09
21. №2373137 зарегистрирован 20.11.09
22. №2374180 зарегистрирован 27.11.09
23. №2377334 зарегистрирован 27.12.09
24. №2378750 зарегистрирован 10.01.10
25. №2378200 зарегистрирован 10.01.10
26. №2379071 зарегистрирован 20.01.10
27. №2379228 зарегистрирован 20.01.10
28. №2382519 зарегистрирован 20.02.10
29. №2399581 зарегистрирован 20.09.10
30. №2401479 зарегистрирован 10.10.10
31. №2402050 зарегистрирован 20.10.10
32. №2402749 зарегистрирован 27.10.10
33. №2415805 зарегистрирован 10.04.11
34. №2418874 зарегистрирован 20.05.11

35. №2424009 зарегистрирован 20.07.11
36. №2427926 зарегистрирован 27.08.11
37. №2429315 зарегистрирован 20.09.11
38. №2434955 зарегистрирован:27.11.11
39. №2434959 зарегистрирован: 27.11.11
40. №2434960 зарегистрирован: 27.11.11
41. №2436199 зарегистрирован 10.12.11
42. №2436197 зарегистрирован 10.12.11
43. №2436198 зарегистрирован 10.12.11
44. №2436728 зарегистрирован 20.12.11
45. №2437104 зарегистрирован 20.12.11
46. №2441300 зарегистрирован: 27.01.12
47. №2441845 зарегистрирован: 10.02.12
48. №2441931 зарегистрирован: 10.02.12
49. №2441932 зарегистрирован: 10.02.12
50. №2441933 зарегистрирован: 10.02.12
51. №2441934 зарегистрирован: 10.02.12
52. №2441935 зарегистрирован: 10.02.12
53. №2441936 зарегистрирован: 10.02.12
54. №2442749 зарегистрирован: 20.02.12
55. №2442837 зарегистрирован: 20.02.12
56. №2442847 зарегистрирован: 20.02.12
57. №2443627 зарегистрирован 27.02.12
58. №2446096 зарегистрирован: 27.03.12
59. №2446219 зарегистрирован: 27.03.12
60. №2446228 зарегистрирован:27.03.12
61. №2446229 зарегистрирован: 27.03.12
62. №2454481 зарегистрирован: 27.06.12
63. №2454482 зарегистрирован 27.06.12
64. №2454483 зарегистрирован 27.06.12
65. №2454484 зарегистрирован 27.06.12

66. №2456712 зарегистрирован 20.07.12
67. №2464336 зарегистрирован: 20.10.12
68. №2465376 зарегистрирован: 27.10.12
69. №2465566 зарегистрирован: 27.10.12
70. №2465694 зарегистрирован: 27.10.12
71. №2469119 зарегистрирован 10.12.12
72. №2469115 зарегистрирован 10.12.12
73. Патент на ПМ №85680 зарегистрирован 10.08.09
74. Патент на ПМ №85679 зарегистрирован 10.08.09
75. Патент на ПМ №85326 зарегистрирован 10.08.09
76. Патент на ПМ №85327 зарегистрирован 10.08.09
77. Патент на ПМ №88150 зарегистрирован 27.10.09
78. Патент на ПМ №92617 зарегистрирован: 23.03.10
79. Патент на ПМ №95499 зарегистрирован:10.07.10
80. Патент на ПМ №99317 зарегистрирован: 20.11.10
81. Патент на ПМ №108608 зарегистрирован: 20.09.11
82. Патент на ПМ №115507 зарегистрирован: 27.04.12
83. Патент на ПМ №116083 зарегистрирован 20.05.12

11 зарубежных патентов:

1. патент США № 6,589,898 от 08.07.2003 г.,
2. патент США № 6,770,856 от 03.08.2004 г.;
3. патент Израиля № 140633 от 20.09.2005 г.,
4. патент Израиля № 151182 от 04.09.2007 г.;
5. патент Канады № 2,336,695 от 15.07.2008 г.
6. патент ЕПВ №1260882 от 12.11.2008 г.
7. патент Канады №2,400,656 от 20.10.2009
8. патент Турции TR200900671 по ЕПВ №1260882 от 12.11.2009 г.
9. Патент Японии №4499334 от23.04.2010 г.
10. Патент ЕПВ(Европейское патентное ведомство) №1123908 от 24.08.11

11. Патент Японии №4853750 от 04.11.11

Выставочная работа за 2012 г.

Результаты научно-исследовательской работы были представлены на выставках:

1. XVII Международный форум «Технологии безопасности», февраль 2012 г., г. Москва, ВЦ «Крокус Экспо» (Московская область, Красногорский район).

2. XV Московский Международный Салон промышленной собственности «Архимед-2012», март 2012 г., КВЦ «Сокольники», г. Москва.

3. 13-ый Международный Форум «Высокие технологии XXI века», апрель 2012 г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва.

4. Выставка, в рамках Московского Международного форума инновационного развития «Открытые инновации», «Open Innovations Expo», октябрь – ноябрь 2012 г., г. Москва, ЦВК ЗАО «Экспоцентр».

5. 6-я Международная специализированная выставка «SIMEXPO-Научное приборостроение-2012», ноябрь 2012 г., г. Москва, ЦВК ЗАО «Экспоцентр».

6. VII Международный Форум «Оптика-2012» (OPTICS-EXPO 2012), ноябрь 2012 г., г. Москва, ВВЦ.

7. 4-ий Международный форум по интеллектуальной собственности и Международная выставка инноваций «Exropriority-2012», ноябрь 2012 г., г. Москва, ЦВК «Экспоцентр».

Награды за инновационную деятельность (на выставках, форумах, салонах инноваций и инвестиций и т.д.) за 2012 год:

1. Диплом за активное участие в XVII Международном форуме «Технологии безопасности», февраль 2012 г., «КрокусЭкспо», Красногорский район, Московская обл.



2. ИФТТ РАН награжден Дипломом Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам за разработку «Сапфировый коагулятор - аспиратор с одновременной флуоресцентной диагностикой», март 2012 г., КВЦ «Сокольники», г. Москва. Авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А. и др.
3. Диплом и Золотая медаль 15-го Московского Международного Салона промышленной собственности «Архимед-2012» за разработку «Сапфировый коагулятор - аспиратор с одновременной флуоресцентной диагностикой», март 2012 г., КВЦ «Сокольники», г. Москва.  
Авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А. и др.
4. Диплом и Золотая медаль 15-го Московского Международного Салона промышленной собственности «Архимед-2012» за разработку «Магнетронная мишень из высокочистого кобальта для тонкопленочной металлизации в микроэлектронике», март 2012 г., КВЦ «Сокольники», г. Москва.  
Авторы: Глебовский В.Г., Штинов Е.Д., Сидоров Н.С., Пальниченко А.В.
5. Деменева Н.В. награждена Почетным Дипломом и Медалью Победителя конкурса (2 место) за проект «Токовые коллекторы с защитными покрытиями для твердооксидных топливных элементов – высокоэффективных генераторов электроэнергии» в номинации «*Инновационный потенциал молодежи*» (в рамках XV Московского Международного Салона изобретений и инновационных технологий "АРХИМЕД"), март 2012 г., КВЦ «Сокольники», г. Москва.
6. Деменева Н.В. награждена Почетным Дипломом Участника конкурса «Инновационный потенциал молодежи» за разработку проекта «Токовые коллекторы с защитными покрытиями для твердооксидных топливных элементов – высокоэффективных генераторов электроэнергии», март 2012 г., КВЦ «Сокольники», г. Москва.
7. Диплом XV Международного Салона промышленной собственности «Архимед-2012», март 2012 г., КВЦ «Сокольники», г.

Москва - Институту физики твердого тела «За активное участие в организации и проведении Салона».

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

9. Институт награжден главным призом Форума - Свидетельством и Золотой медалью 13-го Международного форума «Высокие технологии XXI века - 2012» за конкурсный проект «Профилированные кристаллы сапфира в новых устройствах лазерной терапии, хирургии и диагностики в онкологии», апрель 2012 г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва.

Авторы: Курлов В.Н., Шикунова И.А.

10. Институт награжден Сертификатом участника 13-го Международного Форума «Высокие технологии XXI века», апрель 2012 г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва «За участие в выставке ВТ-XXI 2012 и достижения в области высоких технологий».

11. Институт награжден Дипломом за участие в неделе «Россия инновационная – 2012» 13-го Международного Форума «Высокие технологии XXI века – 2012», апрель 2012 г., ЦВК «Экспоцентр», г. Москва.

12. Институт награжден Дипломом участника выставки в рамках Московского Международного форума инновационного развития «Открытые инновации», «Open Innovations Expo», октябрь – ноябрь 2012 г., г. Москва, ЦВК ЗАО «Экспоцентр».

13. Институт награжден Почетной грамотной 6-ой Международной специализированной выставки приборов и оборудования для научных исследований «SIMEXPO-Научное приборостроение – 2012» в конкурсе «Научный прибор года – 2012» Победителя в номинации «За разработку и создание нового поколения научного оборудования» по направлению «Научное и технологическое оборудование» за представленную разработку «Лабораторная установка по измерению тока, наведенного

лазерным пучком (LBIC)», ноябрь 2012 г., г. Москва, ЦВК ЗАО «Экспоцентр».

Авторы: Кведер В.В., Хорошева М.А.

14. Институт награжден Дипломом 6-ой Международной специализированной выставки приборов и оборудования для научных исследований «SIMEXPO-Научное приборостроение – 2012» за высокий уровень представленной экспозиции, ноябрь 2012 г., г. Москва, ЦВК ЗАО «Экспоцентр».

15. ИФТТ РАН награжден Дипломом и Медалью участника VII Международного Форума «Оптические приборы и технологии – «OPTICS-EXPO 2012», ноябрь 2012 г., ВВЦ, г. Москва.

16. Курлов Владимир Николаевич награжден Медалью «Лауреат ВВЦ» Удостоверение № 563 Всероссийский Выставочный центр, Постановление от 23.11.2012г. №24 («Сапфировые волоконные световоды для лазерной медицины»), ноябрь 2012 г., ВВЦ, г. Москва.

17. ИФТТ РАН награжден Дипломом за активное участие в выставке инновационных продуктов и технологий в рамках IV Международного форума «EXPOPRIORITY 2012», ноябрь 2012 г., г. Москва, ЦВК ЗАО «Экспоцентр».

18. Сертификат к Серебряной медали Лауреата конкурса инноваций на IV Международном форуме «EXPOPRIORITY 2012» (за проект «Элементная база твердооксидных топливных элементов - высокоэффективных генераторов энергии будущего») – молодежная программа, ноябрь 2012 г., г. Москва, ЦВК ЗАО «Экспоцентр».

Авторы: Деменева Н.В., Агарков Д.А.

19. Шикунова И.А. награждена Золотой медалью Всемирной организации интеллектуальной собственности (WIPO) Победителю Международного конкурса инноваций в номинации «Лучшему изобретателю женщине», проводимого в рамках Четвертого Международного форума по интеллектуальной собственности «EXPOPRIORITY 2012» (за проект «Новые медицинские лазерно-волоконные приборы и инструменты на

основе профилированных кристаллов сапфира»), ноябрь 2012 г., г. Москва, ЦВК ЗАО «Экспоцентр».

### Охрана интеллектуальной собственности в 2012 году

1. Название организации	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела Российской академии наук (ИФТТ РАН)		
2. Подано заявок на выдачу патента РФ на изобретение	5	3. Получено положительных решений по заявкам на выдачу патента РФ на изобретения	10
4. Получено патентов РФ на изобретения	27	5. Прекращено патентование изобретений в РФ	-
6. Поддерживается в РФ патентов на изобретения	72	7. Подано заявок на получение патентов на изобретение за границей	-
8. Подано заявок на получение патентов на изобретение в страны СНГ	-	9. Получено патентов на изобретения за границей	-
10. Получено патентов на изобретения в странах СНГ	-	11. Поддерживается за границей патентов на изобретения	11
12. Поддерживается патентов на изобретения в странах СНГ	-	13. Прекращено патентование изобретений за границей	-
14. Прекращено патентование изобретений в странах СНГ	-	15. Продано лицензий в РФ	-
16. Заключено с зарубежными организациями соглашений (контрактов) с использованием объектов интеллектуальной собственности	-	17. Заключено с организациями стран СНГ соглашений (контрактов) с использованием объектов интеллектуальной собственности	-
18. Заключено договоров о переуступке прав	-	19. Подано заявок на регистрацию товарных знаков в РФ	-
20. Получено свидетельств на товарный знак	-	21. Получено свидетельств на товарный знак за границей	-
22. Подано заявок на выдачу патента РФ на промышленный образец	-	23. Получено патентов РФ на промышленные образцы	-
24. Получено патентов на промышленные образцы за границей	-	25. Подано заявок на полезные модели	-
26. Получено патентов на полезные модели	2	27. Подано заявок на регистрацию программ для ЭВМ	-
28. Подано заявок на регистрацию программ для БД	-	29. Подано заявок на регистрацию топологий ИМС	-
30. Продано «НОУ-ХАУ»	--	31. Численность патентной службы	4

#### Сведения о патентном подразделении

Название патентной службы	Инновационно-патентный отдел
Руководитель, тел., E-mail	Чашечкина Ж.Ю., 84965228215, ipo@issp.ac.ru
Сотрудники:	

Ф.И.О., телефон	Колесникова О.С., Рачкова Ж.С., Карпова И.А. 84965228215
E-mail	ipo@issp.ac.ru

### Сведения по международной деятельности ИФТТ РАН за 2012г.

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 чел/дн.	Период действия соглашения
Болгария	Изучение условий протекания тока по ВТСП/манганит гетероструктурам и механизма влияния тока на их резистивность	0	2012-2014
Польша	Высокие давления как инструмент для фундаментальных исследований и синтеза новых материалов для промышленного применения	30	2011-2013
Польша	Фазовые превращения в алюминиевых сплавах под действием интенсивной	14	2011-2013

	пластической деформации		
Франция	Нелинейная динамика дефектов в кристаллах и гетероструктурах: микроскопические механизмы и коллективные явления.	54	2012 -2013

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 о научном сотрудничестве в области роста кристаллов и цветных металлов (Китай, г.Пекин, GRIMN)	0	2011-2016
КНР	Контроль дефектов монокристаллов кремния, предназначенных для глубокой субмикронной интегрированной схемы	0	2003-бессрочно
Украина	Учебно-научный центр по теме «Новые неорганические материалы» (Приазовский государственный технический университет, г.Мариуполь)	0	2007-2012
Украина	Договор на выполнение научно-исследовательских работ в		2011 – 2012

	области материаловедения поликристаллического кремния (г.Киев, фирма «Пиллар»)		
Украина	Договор о сотрудничестве в проведении совместных исследований в области новых нанокристаллических материалов с Приазовским государственным техническим университетом. (г.Мариуполь)	0	2012-2021
Украина	Договор о сотрудничестве в проведении совместных исследований в области новых, в том числе нанокристал- лических, материалов с ДонФТИ НАНУ ( г.Донецк)	0	2011-2021
Азербайджан	Договор о сотрудничестве по теме: «Экспериментальные исследования особенностей электронной системы в слоистых полупроводниках и сверхпроводниках, а также в тонких пленках на их основе» (Институт физики НАНА, г.Баку)	0	2012-2013
Греция	Соглашение о поддержке сотрудничества с Университетом Патраса	0	2008- бессрочно
Республика Корея	Соглашение о развитии кооперации в области физики	0	2007-2012

	конденсированного состояния (Р.Корея, Sumsung)		
Франция	Договор о совместном международном руководстве по подготовке диссертации (Франция, г.Метц, Университет Поля Верлена)	324	2009-2012
Япония	Меморандум о намерениях	0	1993- бессрочно
Япония	Правительственный проект №89 в области создания новых материалов и исследования их свойств для использования в электрохимических реакторах на основе ионно-электронных проводников ( г.Нагоя, ГИППИТ)	0	1999-2012
Германия	Научный договор «Монокристаллический крем- ний и технология выращивания кристаллов» ( АО Бош Солар Энерги)	0	2010 - 2013
Германия	Меморандум о намерениях по реализации и исследованию структур цифровой и квантовой логики с использованием джозефсоновских контактов сверхпроводник-ферромаг- нетик-сверхпроводник. (г. Карлсруэ, КИТ)	93	2010-2013



### 3.Участие в международных конференциях за рубежом

Страна	Название конференции	Даты конференции	Число делегатов	Финансовые условия (ПС-за счет принимающей стороны, РФФИ – гранты РФФИ, РАН – из средств Программ РАН, Х/Д- из средств хоздоговора, Г/К- из средств госконтракта), Г-грант

				Президе нта для молоды х ученых
Германия	European XFEL Users' Meeting 2012- HASYLAB Users' Meeting 2012	25.01-27.01	1	РФФИ
США	Международная конференция NANOSMAT- USA	27.03-30.03	2	РАН, РФФИ, ПС
Австрия	Зимний семинар Института физики Технологического института Карлсруэ	11.02-18.02	1	Х/Д, РФФИ, ПС
Франция	Международная конференция «Wave Turbulence»	25.03-30.03	2	ПС, РФФИ, РАН
Израиль	7-я Международная конференция по высокотемпературной капиллярности	18.03-22.03	3	РФФИ
Турция	3-я Международная конференция по сверхпроводимости и магнетизму ICSM2012	29.04-04.05	2	РФФИ, РАН
Франция	Международная конференция «МЕТА-12»	19.04-22.04	1	Х/Д
Япония	Международная конференция «Нелинейные	22.04-28.04	1	РАН, ПС

	явления в сложных квантовых системах» NPCQS 2012			
Греция	Международная конференция «Extended Defects in Semiconductors» EDS2012	24.06-29.06	1	РАН
Чехия	Международная конференция «Mossbauer Spectroscopy in Materials Science 2012»	11.06-15.06	1	РФФИ
Германия	10-я Международная конференция CMSEE	20.05-24.05	4	РФФИ, РАН, Х/Д
Франция	Международная конференция «Сильнокоррелированные электронные системы в высоких магнитных полях»	20.05-25.05	1	РФФИ
Германия	Международная конференция по фундаментальным основам и применением нанонауки	19.05-21.05	2	ПС, РАН, РФФИ
Италия	Международная конференция «International Conference on Solid Films and Surfaces ICSFS-16»	01.07-06.07	1	РФФИ
Великобритания	Международная конференция «Quantum Fluids and Solids QFS2012»	15.08-21.08	3	РФФИ, ПС
Украина	Международная	01.06-07.06	1	ПС

	конференция «Diffusion, Stress, Segregation+Reactions (DSSR-2012)»			
Великобритания	Международная конференция по графену	02.06-06.06	1	РФФИ, РАН, ПС
Канада	Международная конференция «Highly Frustrated Magnetism 2012 HFM2012»	04.06-08.06	1	ПС
Италия	Международная конференция по нано, микро и макро композитным структурам ICNMMCS	18.06-20.06	1	РФФИ
Норвегия	27-я Европейская кристаллографическая конференция ESM 27	06.08-11.08	1	РАН
Италия	15-я Европейская конференция по композитным материалам ECSSM15	24.06-28.06	1	РФФИ
Швейцария	31-я Международная конференция по физике полупроводников ICPS 2012	29.07-03.08	1	РФФИ
Франция	20-я Международная конференция по сильным магнитным полям	22.07-27.07	4	РФФИ, РАН, К
Китай	10-я Международная конференция «Research in High Magnetic Fields»	03.07-06.07	1	РФФИ

Португалия	15-я Международная конференция по экспериментальной механике ICSEM 15	22.07-27.07	1	РФФИ, ПС
Германия	24-я Международная конференция по жидким кристаллам	19.08-24.08	1	РФФИ, РАН
Греция	XI Международная конференция по наноструктурным материалам	26.08-31.08	2	РФФИ, РАН
Украина	9-я Международная конференция по криокристаллам и квантовым кристаллам CC2012	02.09-08.09	6	РФФИ
Франция	15-я Международная конференция «High Pressure Semiconductors Physics»	21.07-29.07	1	РФФИ
Китай	Международная конференция «Progress in Nanoscience and Materials»	13.08-16.08	2	РАН
Италия	Международная конференция «Новости в сильнокоррелированных системах»	18.08-24.08	1	ПС
Япония	Международный симпозиум по системам металл-водород (MH2012)	21.10-26.10	1	РФФИ
Германия	Международный	04.06-05.06	1	РФФИ,

	Люксембургский форум по предотвращению ядерной катастрофы			ПС
Франция	Международная конференция «Электронные состояния и фазы, индуцированные электрическими и оптическими воздействиями IMPACT-2012	10.09-14.09	1	РФФИ, РАН
Италия	Международная конференция Joint European Magnetic Symposia 2012, JEMS 2012	09.09-14.09	1	РАН
Германия	Немецко-российско-французский семинар ATBNM-2012	28.08-30.08	1	РФФИ
Испания	Международная конференция «Superconducting Nanohybrids 2012»	03.09-07.09	1	РАН, РФФИ
Греция	2-я Международная летняя школа по топливным элементам и водородной энергетике	23.09-30.09	2	Х/Д
Япония	Международная конференция IUMRS-ICEM2012	23.09-28.09	2	РАН, Х/Д
Украина	2-я Международная конференция	17.09-22.09	1	РФФИ

	«Нanomатериалы: применение и свойства»			
Италия	Международная конференция «Nanosciences: Soft, Solid, Alive and Kicking»	17.09-21.09	1	РАН, ПС
Украина	2-й Совместный украинско-российский семинар «Физика сверхпроводниковых гетероструктур»	17.09-19.09	2	РФФИ, ПС
Франция	Международная конференция ICES12	16.09-21.09	1	РФФИ
США	Международная конференция MRS 2012	25.11-30.11	2	ПС
Украина	12-я Международная конференция «Высокие давления-2012. Фундаментальные и прикладные аспекты»	23.09-27.09	4	РФФИ, РАН
Украина	Конференция стран СНГ по росту кристаллов	01.10-05.10	4	РФФИ, Х/Д
Беларусь	53-я Международная конференция «Актуальные проблемы прочности»	02.10-05.10	2	РФФИ, ПС
Германия	Международный семинар по топологическим изоляторам	07.10-11.10	1	РАН
Китай	Международный конгресс «World Congress on Engineering and Technology	26.10-28.10	2	РФФИ, РАН

	(СЕТ 2012)»			
Япония	Международная конференция «Materials Science Opened by Molecular Degrees»	01.12-04.12	1	РФФИ

Международные мероприятия, которые проводились в Институте или при участии Института

Наименование мероприятия	Даты проведения
II Международная конференция «Нанотехнологии функциональных материалов» НФМ-2	27.06. -29.06.
VII Международная конференция памяти Г.В.Курдюмова «Фазовые превращения и прочность кристаллов»	29.10.-02.11.

#### Участие в международных программах

Название программы	Период действия
РФФИ-11-02-90430 Украина-Россия «Новые фосфоры на основе монодисперсных нанопорошков редкоземельных оксидов с управляемой морфологией частиц»	2011-2012
РФФИ 11-08-90439 Украина-Россия «Исследование эволюции равновесных и неравновесных границ зерен, пересыщенных в твердых растворах и двухфазных сплавах. Теория и практика»	2011-2012
РФФИ-МНТИ-0292480 Израиль-Россия «Изучение вихревой решетки в новых сверхпроводниках на основе железа как путь к развитию науки о наноструктурах и технологии»	2011-2012



РФФИ-КО 11-02-92610 Великобритания-Россия «Смектические структуры с многослойной периодичностью»	2011-2012
РФФИ-НЦНИ №12-02-91055 (PICS) «Экспериментальные и теоретические исследования наноразмерных сверхпроводников: вихревое состояние, флуктуации, куперовское спаривание»	2012-2015
РФФИ-НЦНИ №12-03-91059 (PICS-2-12) «Структурные переходы в молекулярных моторах, диэлектриках и мультиферроиках»	2012-2015
РФФИ-Бел №12-02-90015 «Исследование особенностей наномасштабного массопереноса при статической и динамической деформации твердых тел»	2012-2015
Европейские Комиссии (грант №911027)-Седьмая Рамочная «Визуализация орбиталей. Разрешение электронных орбиталей в сканирующей туннельной микроскопии»	2012-2015
Европейские Комиссии (грант №284743)-Седьмая Рамочная «Преобразование спина фотона в угловой момент для применения в квантовых технологиях»	2012-2015

Стажировки и прием иностранных ученых

Стажировки российских ученых (кол-во)	Стажировки зарубежных ученых (кол-во)	Принято иностранных ученых (кол-во)
1	0	46

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/ино странный организации или наименование премии, ордена, медали и др.
-			

8.Дополнительные сведения.

8.1.Количество зарубежных командировок сотрудников института – 170  
из них за счет принимающей стороны – 24,  
частично за счет принимающей стороны – 55

8.2.Количество зарубежных командировок директора института,  
оформленных в ИФТТ РАН (общая продолжительность в днях) – 1 (51  
день)

**Справка по штатному состоянию на 1 декабря 2012 г.**

Количество сотрудников	2011 год	2012 год
Сотрудники ИФТТ	472	472
Совместители	45	42
в том числе научные сотрудники	16	14
Научные сотрудники	204	211
в том числе:		
доктора наук	55	56
кандидаты наук	113	113
Молодые специалисты, принятые в ИФТТ	3	6

**Финансовая справка на 1 декабря 2012года в тыс. руб.**

Доходы за 11 месяцев, всего (тыс. руб.)	300998	100%
Бюджетное финансирование РАН	217952	72.4
Финансирование из РФФИ	37486	12.5
Финансирование из Миннауки	7650	2.5
Получено по хоздоговорам	23525	7.8
Получено по международным контрактам	8103	2.7
Получено по коммерческой деятельности	1202	0.4
Аренда	5080	1.7
Расходы за 11 месяцев, всего	256136	100%
Заработная плата	133944	52,3
Начисления на заработную плату	38447	15,0
Выплаты из ФМП	606	0,2
Коммунальные платежи	15029	5.9
Научная работа (материалы, приборы и т.п.)	33654	13.1
Прочие расходы (канц., связь, ремонт)	32065	12.5
Оборудование	2391	0.9