

**В области теории твердого тела**

- Исследованы свойства предложенного порогового детектора для измерения квантового состояния сверхпроводниковых кубитов. Детально исследован процесс переключения между решениями в ходе квантового измерения. (ИТФ РАН).

- Показано, что оптическое возбуждение графена поляризованным светом приводит к «долинному току» - току электронов, принадлежащих отдельной долине, вследствие понижения аксиальной симметрии до тригональной. Долинный ток характеризуется сильной поляризационной зависимостью. Изучен механизм возникновения этого тока, состоящий в угловой селективности электрон-дырочной релаксации. (ИФП СО РАН, ФТИ РАН).

- Решена задача об эффекте Джозефсона в системе сверхпроводник/ферромагнитная пленка/сверхпроводник (SFS). В зависимости от формы ферромагнитной плёнки пространственная структура ферромагнитного состояния может быть очень разной, что является необходимым условием для возникновения так называемого дальнедействующего эффекта близости. При этом тип джозефсоновского контакта (0 или p-i-контакт) существенно зависит от геометрии системы и пространственного распределения вектора намагниченности в плёнке. (ФИАН).

**В области нанотехнологий и наноматериалов**

- Золь-гель методом выращены монодисперсные сферические частицы аморфного кремнезёма ( $\alpha$ -SiO<sub>2</sub>), обладающие сложной внутренней структурой фрактального типа. Показано, что именно такие частицы являются биосовместимыми и биологически не деградируемыми, перспективными в качестве внутрисосудистых носителей для локального терапевтического воздействия. Установлен механизм формирования сферических частиц диоксида кремния и построена модель строения микрочастиц SiO<sub>2</sub> при многоступенчатом методе синтеза путём гидролиза тетраэтоксисилана. (ИФТТ РАН).

- В нанокристаллических диэлектриках: керамиках и полимерах, установлен при низких температурах туннельный механизм транспорта электронов из ловушки в ловушку вдоль приложенного электрического поля, ведущий к формированию критического объемного заряда и, тем самым, к пробое диэлектриков. (ФТИ РАН).

**В области образования и структуры кристаллов**

- Получены экспериментальные данные, свидетельствующие о широком распространении на наноуровне неклассического механизма образования кристаллов путем когерентного срастания наночастиц под действием сил ориентационного упорядочения. (ИОФ РАН).

- Разработаны методики выращивания кристаллов гексагидратов сульфатов  $\alpha$ -NSH, KNSH, ANSH, K<sub>2</sub>Co(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O (KCSH), впервые выращены крупные кристаллы Rb<sub>2</sub>Ni(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O (RNSH) и Cs<sub>2</sub>Ni(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O (CNSH) оптического ка-

чества, исследованы их свойства и структура (кристаллы для оптических фильтров УФ-диапазона). Разработаны технологии выращивания кристаллов  $\alpha$ -NSH, CNSH, KCSH. На их основе созданы два варианта солнечно-слепого объектива, входящего в состав УФ-датчика «Корона», который превосходит известные аналоги по многим параметрам. Данные разработки входят в состав бортовой системы «Президент-С» защиты вертолетов от ПЗРК, которая принята на вооружение в 2010 г. В 2011 г. начато серийное производство кристаллов и приборов, которое завершает собой цикл исследований, проводившихся с 2005 г. (ИК РАН).

### **В области физики высоких давлений**

- Обнаружен и исследован магнитный квантовый фазовый переход первого рода в ферромагнитном полуметалле  $\text{CoS}_2$  при сжатии. Температура фазового перехода стремится к нулю при критическом давлении 4.8 ГПа. Электрические свойства сосуществующих фаз в области квантового фазового перехода согласуются с Ферми-жидкостной картиной электронной подсистемы. (ИФВД РАН).

- Синтезирована метастабильная ферромагнитная модификация высокого давления  $\text{CrGa}_2\text{Sb}_2$  с температурой Кюри выше комнатной (350 К) и полупроводниковым уровнем проводимости. Расчеты из «первых принципов» методом функционала плотности указывают на высокий уровень спиновой поляризации в данном соединении, что делает его перспективным для спинтроники. (ИФВД РАН).

- Для двух наиболее распространенных модификаций  $\alpha$  и  $\gamma$  дигидрида магния методом неупругого рассеяния нейтронов (НРН) построены спектры плотности фононных состояний. Исходя из этих спектров, рассчитаны температурные зависимости теплоемкости и энергии Гиббса изучавшихся фаз, а затем построена ранее неизвестная линия  $T_0(P)$  равновесия  $\alpha \leftrightarrow \gamma$  при температурах от 0 К до 1000°C. Экспериментально установлено давление равновесия  $1.5 \pm 0.5$  ГПа при 700°C. Давление согласуется с расчетным, что свидетельствует о достижении относительной точности лучше 0.5% в определении энергий Гиббса  $\alpha$ - $\text{MgH}_2$  и  $\gamma$ - $\text{MgH}_2$  из спектров НРН. (ИФТТ РАН).

### **В области физики магнитных явлений**

- Развита технология создания многослойных ферромагнитных наночастиц, состоящих из сверхтонких слоев ферромагнитных металлов, разделенных туннельно-прозрачными диэлектрическими прослойками. Экспериментально исследовано магнитосопротивление частиц различной формы. Показано, что в нулевом внешнем поле многослойная частица в форме диска, обладающая анизотропией типа «легкая плоскость» и содержащая три ферромагнитных слоя, находится в неколлинеарном состоянии. Этот результат открывает возможности изучения процессов спиновой аккумуляции, перемагничивания спин-поляризованным током, нелинейных спин-зависимых транспортных явлений и эффектов близости в структурах ферромагнетик /сверхпроводник. Установлено, что анизотропия формы частицы приводит к существованию устойчивых коллинеарных состояний, различающихся величиной сопротивления. Это делает такие системы перспектив-

ными для использования в устройствах хранения и обработки информации. (ИФМ РАН).

- Показано, что одиночный 60 фс лазерный импульс индуцирует в редкоземельном ортоферрите (SmPr)FeO<sub>3</sub> ориентационный фазовый переход с характерным временем ~5 пс. Обнаружено, что направление намагниченности в новой фазе можно менять, изменяя поляризацию импульса. Такое управление переходом осуществляется благодаря тому, что фс лазерный импульс (1) возбуждает поляризационно-зависимую прецессию намагниченности и (2) индуцирует быстрое изменение магнитной анизотропии. Таким образом, впервые реализован когерентный контроль магнитного фазового перехода. Предложенный механизм может быть использован и для других типов фазовых переходов. (ФТИ РАН).

### **В области физики сегнетоэлектриков и диэлектриков**

- Впервые методом АСМ записаны поверхностные 1D и 2D микродоменные структуры с заданным дизайном в сегнетоэлектрических кристаллах твердых растворов ниобата-бария стронция; на микродоменных решетках с периодом 1-4 мкм получена нелинейная дифракция типа Рамана-Ната с высоким контрастом. (ИК РАН, МИРЭА).

- Проанализированы трехмерные распределения интенсивности диффузного рассеяния рентгеновского излучения в ряде перовскитоподобных соединений и обнаружена закономерность, позволяющая разделять диффузное рассеяние, связанное с флуктуациями параметра порядка и обусловленное возникновением упругих деформаций вокруг дефектов. На основании проведенного анализа предложена общая модель описания трехмерного распределения интенсивности диффузного рассеяния в перовскитоподобных соединениях различного типа. (ФТИ РАН).

### **В области физики поверхности**

- При изучении формирования массивов нанокластеров In на поверхности кремния Si(111)2×1 впервые обнаружено нарушение симметрии четных и нечетных расстояний (в единицах постоянной решетки поверхности) между кластерами. Пары кластеров, разделенные четными расстояниями, встречаются реже из-за того, что на поверхности между ними образуется топологический солитон, который создает локальные механические напряжения и повышает энергию системы. Полученный результат расширяет представления о возможных механизмах самоорганизации нанокластеров на поверхности полупроводниковых кристаллов. (ИАПУ ДВО РАН).

- Теоретически изучены и поняты на атомном уровне поверхностные структуры, образующиеся в процессе хлорирования монокристаллов Ag(111), Au(111) и Cu(110), во всем диапазоне степеней покрытия хлором, от 0.01 до 1.0 монослоя. Проведены детальные расчеты с использованием теории функционала плотности. Предложенные атомные модели хорошо описывают полученные ранее экспериментальные результаты как для симметричных (111, 100), так и для анизотропных (110) граней кристаллов. (ИОФ РАН).

- Предложена новая стратегия создания графенового слоя больших размеров, легированного азотом (N-графен), которая основана на адсорбции молекул с-триазина на поверхность пленки Ni с последующей интерколяцией золота и отжигом [N-graphene/Au/Ni(111)/W(110)]. Методом фотоэмиссии с временным и угловым разрешением установлена возможность создания N-графена, в котором атомы азота замещают атомы углерода (дефекты замещения), причем в таких центрах находится до 80% внедренных атомов азота, с остаточными дефектами в виде междоузельных внедрений (не более 20%). При концентрации азота 0.4 атомных % открывается запрещенная щель около 300 мэВ, а число носителей составляет  $8 \times 10^{12}/\text{см}^2$ . Имеются большие перспективы для разработки электронных устройств нового поколения. (СПбГУ).

### **В области исследования конденсированных сред ядерно-физическими методами**

- На основе метода стоячих рентгеновских волн предложен новый метод контроля эффективности и безопасности действия лекарственных препаратов. С использованием белково-липидных моделей клеточных мембран на твердых подложках получена сравнительная оценка эффективности действия комплексообразующих лекарственных препаратов, применяемых для ускорения выведения тяжелых металлов из организма. (НИЦ КИ).

- Разработана технология изготовления свободновисящих многослойных интерференционных структур, на базе которых созданы фазовращатели и четверть-волновые пластинки для спектральной области 1.5–4.5 нм, цилиндрические дисперсионные элементы и радиационно-стойкие абсорбционные фильтры с рекордными характеристиками, существенно превышающими ближайшие мировые аналоги. (ИФМ РАН).

### **В области физики прочности и пластичности**

- Проведено сравнение деформационного поведения и особенностей структурообразования двух алюминиевых сплавов АМц (Al-Mn) и В95 (Al-Zn-Mg-Cu) с различной энергией дефекта упаковки при интенсивной пластической деформации (ИПД). В сплаве АМц как с высокой энергией дефектов упаковки образование субмикроструктурной структуры в широком диапазоне условий деформирования и независимо от метода нагружения в основном происходит механизмом динамического возврата и последующей рекристаллизации. В сплаве с более низкой энергией дефектов упаковки процессы поперечного скольжения и перемещения дислокаций затруднены, поэтому при ИПД (вследствие кратковременности процесса деформирования) протекание динамической рекристаллизации невозможно и преимущественным механизмом структурообразования является фрагментация. В сплаве с низкой энергией дефектов упаковки динамическая рекристаллизация начинает играть роль релаксационного процесса только при большой накопленной деформации. (ИФМ УрО РАН).

- Выполнен анализ проблемы дизайна нанокompозитных покрытий с особыми свойствами (в частности, сверхтвердостью: HV- до 40 ГПа). В качестве основ-

ных объектов поиска предложены многоэлементные покрытия и новая концепция их формирования – самоорганизация микроструктуры на стадии зарождения взаимонерастворимых фаз. Разработаны физические принципы выбора составов, создано новое технологическое оборудование синтеза многоэлементных нанокompозитных покрытий с использованием совмещения ионно-плазменного и магнетронного методов PVD в едином технологическом (вакуумном) цикле (плазменный магнетронно-дуговой комплекс «СПРУТ»). На примере системы Ti-Al-Si-Ni-Cu-Cr-C-O-N перспективных для повышения когезивной и адгезионной прочности, а также других функциональных свойств. (ИФПМ СО РАН и Томский ГУ).