

Важнейшие результаты по тематике секций, входящих в Научный совет РАН по физике конденсированных сред за период с ноября 2001 г. по октябрь 2006 г.

Секция «Теория твердого тела»

Предложена концепция сверхпроводящего спаривания отталкивающихся частиц с большим суммарным импульсом, объяснившая основные особенности поведения купратов как в нормальном, так и сверхпроводящем состояниях. (ФИАН)

В сверхтекучей системе найден добавочный аддитивный интеграл движения, позволивший построить последовательную термодинамику сверхтекучести при конечных температурах. (ИФП РАН)

Изучены андреевские связанные состояния в баллистических сверхпроводящих точечных контактах с учетом нарушения симметрии частица-дырка в магнитном поле. (ИТФ РАН)

Построена теория обменной симметрии тензорных магнетиков, в которых спонтанное нарушение обменной симметрии проявляется в многоточечных корреляционных функциях, а не в традиционном дальнем порядке. (ИФП РАН)

Секция «Физика металлов и сплавов»

Проведены подробные фазовые исследования систем поликристаллических силицидов W, Mo. Обнаружено, что в широкой концентрационной области образуется непрерывный ряд твердых растворов, включающих тетрагональный силицид $(W,Mo)_5Si_3$, тетрагональный и гексагональный дисилицид $(W,Mo)Si_2$. Используя полученные результаты создано семейство новых композитных высокотемпературных материалов РЕФСИК и РЕФСИКОТ с широким кругом возможных применений от авиакосмической техники до абразивных материалов и режущего инструмента. На «IV Московском международном салоне инноваций и инвестиций» эти материалы получили Золотую медаль. (ИФТТ РАН)

Установлены причины высокой термической стабильности нанокристаллической структуры: зоны аморфной фазы, расположенные между нанокристаллами, отличаются от нанокристаллов по составу и препятствуют их росту; при возникновении непосредственного контакта между нанокристаллами происходит быстрая деградация структуры. На основании установленных закономерностей сформирована нанокристаллическая структура в ряде систем, в которых ее не удавалось создать ранее. В сплавах на основе циркония получена нанокристаллическая структура, обладающая высокими механическими свойствами: относительное удлинение превышает 400 % при 823 К. (ИФТТ РАН)

В результате использования интенсивной пластической деформации кручением под высоким давлением (6-9 ГПа) и последующего отжига получены нано- и субмикроструктурные атомноупорядоченные сплавы

на основе Cu_3Pd . Время полного атомного упорядочения сократилось более чем в 1000 раз. Прочность возрастает более чем в 1,5 раза. Такой способ обработки может быть эффективно использован для получения высокопрочных наноструктурных жаропрочных сплавов на алюминиевой и никелевой основе, резистивных и электроконтактных материалов на основе атомноупорядоченных сплавов. (ИФМ УрО РАН)

Секция «Образование и структура кристаллов»

Синтезированы и исследованы несколько десятков монокристаллов твердых растворов на основе титанил-фосфата калия KTiOPO_4 . У этих материалов нелинейные оптические характеристики, суперионная проводимость и сегнетоэлектрические свойства. Структурные исследования позволили установить закономерные связи между химическим составом, атомной структурой и физическими свойствами, что позволяет целенаправленно управлять последними путем изоморфных замещений. Сегнетоэлектрический фазовый переход можно варьировать в интервале 272-965 К, суперионную проводимость – на два порядка, интенсивность второй гармоники менять от нуля (для KSnOPO_4) до 800-кратного увеличения в $\text{K}(\text{Ti}_{0,8}\text{Zr}_{0,2})\text{OPO}_4$ по сравнению с SiO_2 . (Институт кристаллографии РАН, Физический факультет МГУ)

Разработана технология управляемого синтеза высокопрочных, высоковязких, химически и износостойких, биоинертных материалов – наноструктурированных кристаллов частично стабилизированного диоксида циркония (ЧСЦ) с использованием метода прямого высокочастотного плавления в холодном контейнере. Изготовлены экспериментальные образцы изделий из кристаллов ЧСЦ (медицинские скальпели, фильтры для волочения проволоки, стоматологические имплантаты) и проведены их испытания. Получено положительное решение на выдачу патентов по стоматологическим имплантатам из кристаллов ЧСЦ и медицинского инструмента из этого же материала для их установки. (Научный центр лазерных материалов и технологий ИОФ РАН)

Секция «Физика высоких давлений»

В экстремальных условиях – при давлении 9 ГПа и температурах до 2500°C – синтезирован искусственный алмаз, содержащий 2.5% бора и оказавшийся сверхпроводником второго рода с критической температурой более 4 К и высоким верхним критическим полем более 3.5 Тесла. Полученный материал является первым примером полупроводника-сверхпроводника с кристаллической решеткой алмазного типа. Его открытие вызвало широкий резонанс в научном сообществе, и попыткам синтеза сверхпроводящих алмазов и объяснению их свойств уже посвящены десятки печатных работ. (ИФВД РАН, Лос-Аламосская национальная лаборатория, ФИАН)

В расплавах галогенидов AlCl_3 и ZnCl_2 обнаружены резкие изменения атомной структуры, происходящие в узких диапазонах давлений. Это первое

четкое доказательство существования фазовых переходов первого рода в жидкости, поиск которых продолжался многие десятилетия. (ИФВД РАН)

Разработан принципиально новый способ получения углеродных нанотрубок (УНТ) высокотемпературным химическим осаждением из паровой фазы. Процесс основан на использовании реакций углерода с парами халькогенидов металлов II группы при температурах 1600-1800°C и позволяет получать трубки диаметром до 120 нм. Такие УНТ имеют сорбционную емкость по водороду до 4,8% (масс.), т.е. примерно вдвое большую, чем у «традиционных» трубок (в условиях насыщения при низких давлениях и комнатной температуре и при холодной десорбции). (ИФТТ РАН, ИПХФ РАН)

Определена растворимость водорода во льдах при давлениях до 1.8 кбар и построена Т-Р диаграмма системы H_2O-H_2 . При $P = 1$ кбар и температурах ниже $-10^\circ C$ обнаружен переход обычного гексагонального льда в клатратный лед, в котором растворимость водорода возрастает до 10 раз (до 2 вес.%). Результат представляет значительный интерес для космологии, в частности, позволяет объяснить устойчивость межзвездных льдов с замороженным водородом и изменяет сложившиеся взгляды на состав и эволюцию ледяных планет. (ИФТТ РАН)

При высоких давлениях в карбонат-углеродных расплавах выращены алмазы, содержащие парные примесные центры азота (А-центры). Наличие А-центров характерно для природных алмазов, а в синтетических алмазах примесный азот всегда присутствовал только в виде одиночных атомов. Это показывает, что в природных алмазах парные азотные центры могут иметь ростовую, а не геологически длительную «отжиговую» природу, как это принято в литературе. Наличие А-центров в синтезированных алмазах также свидетельствует о правильном определении набора основных компонентов ростовой среды и Т-Р условий роста природных алмазов, что ранее сделать не удавалось. (ИЭМ РАН)

Секция «Магнетизм»

Проведены комплексные исследования высокотемпературного магнитоэлектрического материала феррита висмута $BiFeO_3$, а также новых мультиферроиков $RMnO_3$, $RFe_3(BO_3)_4$, послужившие основой для создания совместно с американскими учеными перспективных для спинтронных приложений пленочных наноструктур с рекордными параметрами. В многослойных планарных структурах, содержащих чередующиеся слои магнитострикционного и пьезоэлектрического материалов обнаружен магнитоэлектрический эффект, величина которого при комнатной температуре на один-два порядка больше, чем в известных однофазных объемных магнитоэлектриках. Исследованные материалы и структуры перспективны для наноэлектроники и сенсорной техники. (МГУ им. М.В. Ломоносова, ИОФ РАН, МИРЭА, ИК РАН)

Обнаружены и исследованы новые типы магнитных фаз, индуцированных примесями или сильным магнитным полем в магнитных кристаллах со спин-целевым основным состоянием. В новых фазах амплитуда флуктуаций магнитного параметра порядка оказывается весьма большой при самых низких температурах. Эти эффекты связаны с управляющим воздействием внешних параметров на квантовые состояния экзотических спиновых систем, в которых магнитный порядок отсутствует вплоть до абсолютного нуля температуры. (ИФП РАН)

Секция «Физика сегнетоэлектриков и диэлектриков»

Сделано существенное продвижение в области получения и исследования сегнетоэлектрических наноструктур и пленок: предложены методики изготовления сегнетоэлектрических наноструктур на основе пористого кремния и опала, основанные на заполнении и последующей кристаллизации практически важных сегнетоэлектрических материалов в порах мембран (BaTiO_3 в матрице Si, BST, PZT и NaNbO_3 в матрице Al_2O_3); установлено существование сегнетоэлектричества и обнаружено сверхбыстрое переключение (с временами порядка 1 нсек) в ультратонких (до 7 нм) пленках BST; разработан оригинальный комплекс методик исследования свойств и топографии сегнетоэлектрических пленок и наноструктур методом генерации второй гармоники (ГВГ), основанный на анализе характеристик индикатрисы рассеяния ВГ, и продемонстрирована практическая применимость этого комплекса методов (МИРЭА, Ростовский филиал Института общей физики РАН, Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН)

Теоретически предсказано и на примере кристаллов семейства борацитов экспериментально доказано существование фазовых переходов нового типа, в которых параметром порядка является третий дипольный в электродинамике момент - тороидный момент T ("ферротороидные" фазовые переходы) (Институт кристаллографии им. А. В. Шубникова РАН).

На основе комплекса структурных (методы рентгеновской топографии, упругого и неупругого рассеяния нейтронов) и спектроскопических (КР, МБР, ЯМР, ЯГР) исследований широкого круга релаксорных сегнетоэлектриков (PMN , PLZT , оксидных перовскитов $(A, A')(B, B')X_3$) установлена связь аномалий свойств в области размытых фазовых переходов (размытия теплоемкости, специфики диэлектрической релаксации и т.д.) с эволюцией нанополярных кластеров ("нанодоменов") Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН, Институт физики им. Киренского СО РАН, НИИ ФПМ УрГУ)

Секция «Физика поверхности»

Разработаны методики получения упорядоченных атомно-чистых вицинальных поверхностей кремния и меди в условиях сверхвысокого

вакуума и проведены исследования кислородных реконструкций на фасетированной поверхности меди Cu(511)-O с помощью сверхвысоковакуумного СТМ. Установлено, что изменение электронной структуры иглы приводит к преимущественной визуализации атомов того или иного сорта (кислорода или меди) на реконструированных поверхностях меди. По данным СТМ определена атомная структура поверхности Cu(410)-O. (ИФТТ РАН)

Секция “Исследование конденсированных сред ядерно-физическими методами”

Создан Курчатовский источник синхротронного излучения (КИСИ РНЦ КИ) – наиболее современный, первый и единственный в России специализированный ускорительно–накопительный комплекс (УНК), предназначенный для широкопрофильных исследований с применением электромагнитного излучения в инфракрасной, ультрафиолетовой и рентгеновской областях спектра. КИСИ включает в себя линейный ускоритель и два накопителя электронов: "Сибирь-1" на энергию 450 МэВ и "Сибирь-2" на энергию 2,5 ГэВ. Действуют и готовятся к запуску 17 экспериментальных станций. Обеспечена регулярная работа КИСИ как установки коллективного пользования. (ИЯФ СО РАН, ИКАН, КИСИ РНЦ КИ)

Методом рентгеновской и нейтронной рефлектометрии впервые получена информация об организации наночастиц магнетита на свободной поверхности магнитной жидкости, что открывает новые возможности в изучении явлений неустойчивости поверхности. (ПИЯФ РАН)

Председатель Совета
академик

Ю.А.Осипьян