

Физика конденсированных сред (2008 г.)

В области теории твердого тела

- Изучено экранирование кулоновского взаимодействия в двойных квантовых ямах. Показано, что благодаря туннельной связи между ямами радиус экранирования в этом случае для вырожденной системы зависит от концентрации электронов (в отличие от чисто двумерной системы). Осцилляции Фриделя, кроме обычных вкладов, характеризующихся импульсом Ферми каждой подзоны, имеют вклад с комбинированной частотой, определяемой суммой парциальных Ферми-импульсов, (ИФП СО РАН).

- Развита теория квантового транспорта контакта двумерного электронного газа со сверхпроводником в сильном квантующем магнитном поле при сверхнизких температурах и в присутствии поверхностной шероховатости. Предсказано подавление беспорядком старших гармоник в осцилляциях кондактанса как функции фактора заполнения. Построена теория флуктуационного эффекта Нернста для двумерного сверхпроводника в перпендикулярном магнитном поле. Для описания эффекта Нернста получена формула, которая объясняет большую величину сигнала Нернста от флуктуационных куперовских пар, (ИТФ РАН).

- Впервые теоретически предсказано наличие оптических таммовских состояний на поверхности, разделяющей магнитофотонный кристалл и фотонный кристалл. Найдены условия существования оптических таммовских состояний. Наличие этих состояний подтверждено экспериментально по резонансному прохождению света и резонансному усилению магнитооптического эффекта Фарадея при частоте, соответствующей таммовскому состоянию, (ИТПЭ РАН, МГУ).

- Теоретически показано, что температура T_c сверхпроводящего перехода в кубических нитридах ZrN и HfN понижается при сжатии, в основном, за счет уменьшения константы электрон-фононного взаимодействия λ , обусловленного возрастанием фононных частот. Результаты расчета для ZrN хорошо согласуются с данными туннельных экспериментов и с измерениями барической производной T_c при низких давлениях, (ФИАН).

В области нанотехнологий и наноматериалов

- Магнитно-импульсным прессованием порошков железа, механоактивированных с графитом в присутствии кремнийорганической среды, получены объемные нанокompозиты железо-цементит с плотностью $7,3 \text{ г/см}^3$, обладающие необычайно высоким значением микротвердости 14 ГПа, коррозионной стойкостью и высокой электрокаталитической активностью. Показано, что высокая микротвердость обусловлена особой структурой нанокompозита, армированного нановолокнами цементита. Защитная способность пассивных пленок обеспечивается углеродом, накапливающимся на поверхности при растворении композита, (ФТИ УрО РАН).

- Показано, что в жаропрочных интерметаллидных сплавах, перспективных для применения в качестве материалов для лопаток газотурбинных двигателей самолетов нового поколения, легирование тугоплавкими и редкоземельными элементами обеспечивает формирование наноразмерных фаз, стабилизирующих дендритную монокристаллическую структуру и упрочняющих межфазные границы. Разра-

ботаны рекомендации и получены новые сплавы с улучшенными служебными характеристиками, (ИМЕТ РАН, ФГУП ВИАМ, Белгородский ГУ).

В области образования и структуры кристаллов

- С помощью метода изменения симметрии и вращения теплового поля получены высококачественные кристаллы LBO (LiB_3O_5) весом более 1 кг с возможностью изготовления нелинейно-оптических элементов диаметром 50 мм и толщиной 12 мм. На таком элементе с ориентацией ($\theta = 23,1^\circ$; $\varphi = 90^\circ$) был достигнут к.п.д. преобразования во вторую гармонику (527 нм) 85%, с выходной энергией в импульсе, равной 115 Дж. Достигнутый уровень энергии почти в два раза превышает ранее известные значения для данного кристалла. Благодаря высокой оптической однородности, высокому порогу лазерной стойкости, весьма низкому поглощению, высокой теплопроводности и возможности выращивания кристаллов крупных размеров LBO является перспективным материалом для замены кристаллов семейства KDP в мощных широкоапертурных лазерных системах, (ИГМ СО РАН).

- Проведено комплексное исследование теплопроводности оптических оксидных и фторидных материалов, выращенных в институтах РАН, в том числе: гранатов, ванадатов, фторидов, боратов, германата висмута. Выявлены различные механизмы фононного рассеяния как в матричных составах, так и на легирующих ионах. Исследовано влияние изо- и гетеровалентных изоморфных замещений на теплопроводность. Сделаны рекомендации по оптимизации величин теплопроводности, приемлемых для материалов лазерных систем. Для некубических матриц исследована анизотропия теплопроводности. Установлено, что теплопроводность кристаллов ванадатов существенно выше приводимых ранее в литературе и на Internet-сайтах данных, и при комнатной температуре составляет от 9 до 15 Вт/м·К в зависимости от легирующих составов и кристаллографического направления, (Брянский ГУ).

В области физики высоких давлений

- Экспериментально установлено существование трех состояний одного и того же расплава AsS, отличающихся друг от друга по структуре ближнего порядка и физическим свойствам. Под давлением 2 ГПа молекулярная жидкость AsS превращается в ковалентную, а при дальнейшем сжатии до 5 ГПа в металлическую, (ИФВД РАН).

- В антиферромагнетике-сверхпроводнике CeRhIn_5 при давлении 2.3 ГПа экспериментально обнаружена «локальная» квантовая критическая точка. Соответствующая «локальная» квантовая фаза характеризуется мощными спиновыми и зарядовыми флуктуациями, создающими притягивающее электрон - электронное взаимодействие, которое приводит к возникновению сверхпроводимости нетрадиционного типа, (ИФВД РАН).

- В высокотемпературных ферромагнитных полупроводниках $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{GeAs}_2$ обнаружены обратимые структурные фазовые переходы диэлектрик-металл при давлениях 4–5 ГПа и магнитные фазовые переходы ферромагнетик-парамагнетик при давлениях 1.5–2 ГПа. С ростом уровня легирования переход полупроводник-

металл смещается к более высоким, а переход ферромагнетик-парамагнетик – к более низким давлениям, (ИФ ДНЦ РАН).

В области физики магнитных явлений

- Обнаружено возбуждение когерентных магнонов и фононов в слабом ферромагнетике FeVO_3 субпикосекундными лазерными импульсами. Показано, что микроскопическим механизмом возбуждения является импульсное стимулированное Рамановское рассеяние. Построена общая феноменологическая теория наблюдаемого явления, (ФТИ РАН).

- Экспериментально исследованы гейзенберговские антиферромагнетики на пироклорной решетке $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ и $\text{Gd}_2\text{Sn}_2\text{O}_7$. Наблюдался сильный магнетокалорический эффект в сильном поле, связанный с макроскопическим вырождением магнитного основного состояния за счет фрустрации обменного взаимодействия. Изучен магнитный резонанс в коррелированной и упорядоченных фазах обеих систем. В спектре при низких температурах выделены ветви, соответствующие квази-локальным «мягким модам». Их зависимость от магнитного поля согласуется с предсказаниями теории спиновых волн и экспериментом по адиабатическому размагничиванию, (ИФП РАН).

- На основе исследования электронного парамагнитного резонанса монокристаллов антиферромагнетика KCuF_3 при температурах выше точки Неля впервые установлено наличие антисимметричного суперобменного взаимодействия спинов ионов меди, индуцированного линейно поляризованными колебаниями мостиковых ионов фторов, (КФТИ КазНЦ РАН, Казанский ГУ).

В области физики сегнетоэлектриков и диэлектриков

- На примере сегнетоэлектрических твердых растворов ЦТС (PbZrO_3 - PbTiO_3) обнаружено существование каскада новых метастабильных фазовых состояний вблизи морфотропной границы; эта особенность фазовой диаграммы по видимому является достаточно общей для твердых растворов и позволяет наметить пути повышения стабильности аномально высоких параметров, характерных для пьезо- и сегнетоэлектриков в этих концентрационных областях, (НИИ Физики ЮФУ).

В области физики поверхности

- Предложена и реализована сверхвысоковакуумная процедура формирования атомно-гладкой поверхности GaAs (001) заданной атомной структуры (реконструкции). Процедура основана на селективном удалении атомов галлия и нагревании поверхности до температуры 250-300К с использованием молекулярного йода. Установлено, что путем регулирования исходной степени покрытия йодом поверхности GaAs (001), обогащенной как мышьяком, так и галлием, можно получить известные структуры 1×1 , 2×2 и 4×2 , а также другие локальные структуры, обычно не наблюдаемые в эпитаксиальных методах, (ИОФ РАН).

- Методом атомно-силовой зондовой микроскопии исследована магнитная структура $\text{La}_{0.25}\text{Sr}_{0.75}\text{MnO}_3$. Показано, что магнитная структура существенно зависит от наличия дефектов на поверхности образца. Изучена температурная зависимость доменной структуры образца вблизи точки фазового перехода. Обнаружено,

что период линейной доменной структуры уменьшается при приближении к температуре фазового превращения. Анализ транспортных свойств показал, что в результате резистивных переключений в гетероконтактах монокристалл легированного манганита - нормальный металл в поверхностном слое манганита реализуется фазово расслоенная среда, резистивные и магнитные свойства которой можно значительно варьировать, изменяя параметры резистивных переключений, (ИФТТ РАН).

В области неразрушающих физических методов контроля

- Установлено, что основным механизмом формирования пиков внутреннего трения при намагничивании и перемагничивании типичных поликристаллических ферромагнетиков является магнитострикционный, причем характер полевой зависимости внутреннего трения зависит одновременно от изменения магнитострикции и магнитострикционной чувствительности материалов. Установленные закономерности принципиально важны для совершенствования методов генерации и детектирования сигналов в акустических методах дефектоскопии и структуроскопии ферромагнитных объектов, (ИФМ УрО РАН).

В области исследования конденсированных сред ядерно-физическими методами

- Разработаны методы нейтронной и синхротронной диагностики микротрещин, основанные на комплексном использовании дифракционных и радиографических методик. Показана возможность определения плотности, толщины покрытий и изотопного состава сердцевин, (РНЦ КИ).

- С использованием методов EXAFS, XANES, малоуглового и диффузного рассеяния синхротронного излучения исследовано влияние способов приготовления наноразмерных металлических частиц на их каталитическую активность, а также размерные эффекты в адсорбции и катализе на металлах, (ИЯФ СО РАН, ИК СО РАН).

- Разработан экспериментальный метод массового широкодиапазонного (2 нм – 200 нм) измерения размеров нанобъектов с помощью мягкой абляции под действием пучка терагерцового излучения и масспектрометра, (ИЯФ СО РАН, ИХКГ СО РАН, ИЦиГ СО РАН).

В области физики прочности и пластичности.

- Исследовано влияние слабого электрического поля ($E = 0,10-0,25$ кВ/м) на магнитоэластический эффект (МПЭ) – движение дислокаций в немагнитных кристаллах под действием постоянного магнитного поля ($B = 0,05-1,20$ Тл). Измерялись пробеги индивидуальных дислокаций и плотность подвижных дислокаций при температурах 77-298 К в щелочно-галлоидных кристаллах с различным типом и концентрацией примесей. Показано, что в зависимости от типа примеси в магнитном поле может наблюдаться как пластификация (положительный МПЭ), так и упрочнение (отрицательный МПЭ). Предложена физическая модель обнаруженного явления, согласно которой сильное влияние электрического поля на МПЭ обусловлено электромиграцией носителя заряда, приводящей к увеличению магнито-

чувствительных стопоров: часть примесных ионов Me^{++} , находящихся на дислокациях, переходит в парамагнитное состояние Me^+ , (ИКАН).

- Исследованы условия получения острой кубической текстуры в лентах-субстратах из сплавов на основе никеля для последующего эпитаксиального нанесения ВТСП. Впервые экспериментально определены и теоретически обоснованы границы легирования никеля, определяющиеся величиной концентрационного расширения кристаллической решетки, позволяющие получить в сплаве кубическую текстуру близкую к монокристаллической. Разработаны подходы к созданию высокопрочных двойных Ni–Cr, Ni–V и тройных Ni–Cr–W сплавов с точкой Кюри ниже 77 К. Получены ленты двойных Ni–Me сплавов длиной до 15 м. Осуществлено нанесение буферных и сверхпроводящего слоев методами электронно-лучевого напыления и лазерной абляции, (ИФМ УрО РАН).

Председатель Научного совета РАН
по физике конденсированных сред,
член-корреспондент РАН

В.В. Кведер