

В области теории твердого тела

- Показано, что при распространении акустической волны в проводящем кристалле в последнем возникает спиновый ток, имеющий резонансный характер, направление которого ортогонально направлению распространения звуковой волны. Показано, что в двумерной электронной системе со спин орбитальным взаимодействием, градиент температуры приводит к возникновению спинового тока, направление которого ортогонально градиенту температуры. (ИФМ УрО РАН).

- Исследована проблема возникновения непрерывного энергетического спектра в большой квантовой системе с сильным беспорядком. Методом прямой диагонализации исследована статистика многочастичных уровней в системе спинов 1/2 с анизотропным обменом и поперечным случайным полем. Продемонстрирован квантовый фазовый переход между областями дискретного и непрерывного спектра. Результаты сравниваются с ранее полученными авторами методом рекурсий в приближении Бете. (ИТФ РАН).

- Установлено, что в графене связывание электрон-дырочной пары в экситон возможно при его конечной скорости. Связывание происходит только для электрона и дырки из окрестностей разных конических точек графена. Существование экситона обусловлено тригональной анизотропией окрестности конической точки. Как следствие, связывание происходит в 60-градусных секторах вблизи конической точки. Найдены области существования экситонов и их спектр. (ИФП СО РАН).

В области нанотехнологий и наноматериалов

- Исследованы процессы изменения структуры аморфных сплавов на основе железа систем Fe-B и Fe-Si-B, происходящие при термообработке и интенсивной пластической деформации кручением под давлением при комнатной и повышенных температурах. Установлено, что под действием напряжений при пластической деформации в аморфно-нанокристаллических сплавах Fe₈₀B₂₀ может происходить обратный мартенситный $\alpha \rightarrow \gamma$ переход, вследствие которого нанокристаллы размером около 20 нм имеют комплексную структуру и состоят из чередующихся областей с ОЦК и ГЦК решетками, между которыми наблюдаются ориентационные соотношения мартенситного типа. Такой переход приводит к дополнительному измельчению нанокристаллической структуры. (ИФТТ РАН).

- На примере технически чистого титана марки ВТ1-0 впервые проведено детальное исследование кинетики роста зерен в наноструктурированных металлических материалах при температурах ниже 0,3Тпл воздействием пластической деформации. Установлено, что температурная зависимость скорости роста зерен наноструктурированного титана (марки ВТ1-0) при температурах ниже 623 К подчиняется степенному закону $R_n - R_{0n} = A_0 \exp(-Q/RT)t$ с показателем $n = 3$ и энергией активации процесса $Q = 51 \pm 4$ кДж/моль. При температуре выше 723 К развивается вторичная рекристаллизация титана, характеризующаяся преимущественным ростом крупных бездефектных зерен. (НИУ БГУ).

В области образования и структуры кристаллов

- Получены полные решения для эффективного коэффициента распределения примеси при направленной кристаллизации в присутствии конвекции в рамках моделей Бартона-Прима-Слихтера (БПС) и Острогорского-Мюллера (ОМ). Получены выражения для начального переходного режима в обеих моделях. Полностью профиль распределения примеси по кристаллу дается выражением:

$$k(x) = k_{eff} - (k_{eff} - k)e^{-\alpha x}, \text{ где}$$

$$\alpha = \frac{R}{D} \frac{k}{k_{eff}} \frac{1}{1 - (1 + \Delta)e^{-\Delta}}, \quad k_{eff} = \frac{k}{k + (1 - k)e^{-\Delta}}, \quad \Delta = \frac{R\delta}{D} - \text{ в модели БПС,}$$

$$\alpha = b \frac{k(1 - k)}{(k_{eff} - k)} \frac{1}{\delta}, \quad k_{eff} = \frac{1 + \eta}{1 + \eta/k}, \quad \eta = a \frac{V\delta}{RL} - \text{ в модели ОМ. Здесь } R - \text{ скорость роста}$$

кристалла, D – коэффициент диффузии примеси в расплаве, δ – толщина диффузионного слоя, V – скорость потока, L – размер кристалла, a и b зависят от скорости конвекции. Показано, что совместный анализ стационарного и начального переходного режимов позволяет по данным о распределении примеси определить как скорость роста кристалла, так и скорость конвективного потока. (ИК РАН).

- На образцах керамики иттрий-алюминиевого граната ИАГ с различной стехиометрией (избыток оксида иттрия или алюминия до 5 мол.%) проведены эксперименты по твердофазному росту на затравке монокристаллов ИАГ из керамики с использованием промежуточных слоев оксида кремния. Отмечено резкое уменьшение концентрации пор в кристалле по сравнению с исходной керамикой. Максимальная скорость твердофазного превращения была зафиксирована в керамике с избытком 4 мол.% оксида алюминия и составила около 150 мкм в час при 1890 °С, что примерно в 20 раз выше, чем без использования промежуточных слоев оксида кремния. Получено положительное решение на выдачу патента по этой методике. (ФИРЭ РАН).

В области физики высоких давлений

- Установлено, что растворимость водорода в аморфной фазе диоксида кремния при $T = 250^\circ\text{C}$ линейно возрастает с давлением и при $P = 7,5$ ГПа достигает молярного отношения $\text{H}_2/\text{SiO}_2 = 0.53$. Эта величина на порядок больше предельного значения, предсказанного теоретически. Исследование методом комбинационного рассеяния света показало, что в структуре аморфного SiO_2 водород содержится в виде молекул и занимает два различных типа полостей. Показано также, что наличие водорода в этих полостях препятствует необратимому уплотнению аморфного диоксида кремния, происходящему при его сжатии до высоких давлений в отсутствие водорода. (ИФТТ РАН).

- На основе данных прецизионных измерений электрического сопротивления монокристаллов MnSi при высоких давлениях и низких температурах установлено, что переход геликоидальной магнитной фазы MnSi в парамагнитное состояние в низкотемпературном пределе происходит непрерывным образом, что указывает на существование квантовой критической точки на фазовой диаграмме. (ИФВД РАН).

- Установлено, что, вопреки общепринятым представлениям, при давлениях выше критического существует аналог линии перехода жидкость-газ (кривой кипения), разделяющей все флюиды на две области с разным характером движения частиц и качественно различным поведением большинства физических свойств. (ИФВД РАН).

В области физики магнитных явлений

- Изучен магнитокалорический эффект в неоднородных ферромагнетиках. В рамках теории Ландау проведен анализ влияния магнитных неоднородностей на изменение энтропии в магнитном поле в окрестности фазовых переходов первого и второго рода, а также в окрестности трикритической и критической точек. Показано, что на величину эффекта существенное влияние может оказывать анизотропия формы. Экспериментально изучен магнитокалорический эффект в монокристаллах $\text{La}_{0.7}\text{Ba}_{0.3}\text{MnO}_3$ и $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$. Теоретические данные хорошо согласуются с экспериментальными. Полученные результаты имеют существенное значения для выбора состава рабочего элемента при создании магнитных холодильников. (ИФМ УрО РАН).

- Предсказано явление «переключения» доменных стенок, порождаемых фрустрациями в двухслойной наноструктуре «ферромагнетик-антиферромагнетик», выражающееся в том, что с ростом магнитного поля ферромагнитный слой, разбитый на нанодомены доменными стенками нового типа, перпендикулярными плоскости слоев, становится монодоменным, а антиферромагнитный слой, бывший в слабых полях однородным, разбивается на 180° домены доменными стенками, перпендикулярными слою. (МГТУ РЭА).

- Обнаружен гигантский магнитодиэлектрический эффект и определяющие его электроактивные магнитные возбуждения (электромагноны) в мультиферроике $\text{SmFe}_3(\text{VO}_3)_4$. Эффект проявляется в трехкратном возрастании диэлектрической проницаемости ϵ при температурах ниже точки антиферромагнитного упорядочения ($T < T_N = 33 \text{ K}$) и подавлении этого роста в магнитном поле. Установлено, что основной вклад в наблюдаемые диэлектрические явления обусловлены низкочастотной модой антиферромагнитного резонанса, которая возбуждается не только магнитным, но и электрическим полем, за счет вклада электрической восприимчивости, связанной с вращением спинов в базисной ab -плоскости кристалла. (ИОФ РАН, МГУ, ИФ СОРАН).

В области физики сегнетоэлектриков и диэлектриков

- Сделаны принципиальные выводы о роли размерных эффектов в процессах сегнетоэлектрического переключения. На примере ультратонких Л-Б пленок и нанокристаллов сополимера поливинилиденфторида с трифторэтиленом П(ВДФ/ТрФЭ) показано, что сегнетоэлектрические свойства сохраняются вплоть до размеров структур порядка 2 нм, но при этом при толщинах пленок ниже 10 нм классический активационный процесс переключения с образованием доменов трансформируется в пороговый (бездоменный) процесс. (ИК РАН).

В области физики поверхности

- Впервые наблюдалось воздействие атома адсорбата на поверхность металла, вызванное упругим взаимодействием атомов адсорбата с атомами подложки. Были изучены две системы Cl/Au(111) и Cl/Ag(111). Обнаружено, что в первом случае указанное взаимодействие значительно и приводит к увеличению расстояния между атомами подложки на 19%, в то время как для второй системы влияние упругих сил незначительно и основной вклад составляет не прямое электронное взаимодействие между атомами адсорбата. (ИОФ РАН).

- Обнаружен эффект индуцированного аномально-высокого спин-орбитального расщепления π -состояний в графене вблизи уровня Ферми при контакте с Au, что позволит эффективно использовать графен в спинтронике. (СПбГУ).

В области неразрушающих физических методов контроля

- Разработан и изготовлен автоматизированный бесконтактный электромагнито-акустический сканер-дефектоскоп ЭМА АВТОКОН для дефектоскопии тела трубы магистрального газопровода с толщиной стенки от 8 до 20 мм с его внешней поверхности при проведении переизоляции. В связи с большой толщиной стенки контролируемых труб в сканере использованы поверхностные волны Рэлея, применены оригинальная оптимизированная намагничивающая система ЭМА преобразователя и генератор зондирующих импульсов повышенной мощности. Разработанный сканер является конкурентоспособными на мировом рынке. Отработана технология серийного изготовления сканера типа ЭМА АВТОКОН. Разработанные методики и средства акустического неразрушающего контроля, применяемые при проведении переизоляции и ремонта труб, принципиально важны и актуальны в связи с необходимостью модернизации и обеспечения безотказной и безопасной эксплуатации стареющей сети трубопроводов страны. (МГТУ им. Баумана, ИФМ УрО РАН, ЗАО НПО «Интротест»)

В области исследования конденсированных сред ядерно-физическими методами

- Завершен физический пуск реактора ПИК. (НИЦ КИ, ПИЯФ).

- Приступил к работе в режиме международного центра коллективного пользования модернизированный реактор ИБР-2М. Принято более 200 заявок на эксперименты из 24 стран. Проведены тестовые испытания нового холодного замедлителя, которые показали более, чем на порядок увеличение потока холодных нейтронов на длинах волны до 1 нм. (ОИЯИ).

В области физики прочности и пластичности

- Изучены основные закономерности формирования субмикроструктурного состояния низкоуглеродистых низколегированных сталей, обеспечивающие повышенный комплекс эксплуатационных свойств нефтегазовых труб. Оптимизированы режимы термомеханической обработки с целью повышения

прочности и хладостойкости низкоуглеродистых низколегированных сталей. Установлены закономерности фазовых и структурных превращений; определены условия формирования субмикроструктурного состояния сталей категории прочности Х70 - Х100, способствующие повышению срока эксплуатации нефтегазовых труб для эксплуатации скважин, соединительных трубопроводов, контактирующих с сероводородсодержащими средами, магистральных газопроводов. Работа проводилась в интересах предприятий нефтегазового комплекса. (ИФМ УрО РАН).

- Проанализировано явление фазового перехода «кристалл \Rightarrow аморфное состояние» и склонность к деформационной аморфизации кристаллических сплавов на основе железа в процессе кручения при квазигидростатическом давлении в камере Бриджмена. Обнаружено, что склонность в деформационной аморфизации определяется аддитивной склонностью к аморфизации кристаллических фаз, входящих в их состав. Установлено существование трех факторов, определяющих склонность к деформационной аморфизации кристаллических сплавов и соответствующих кристаллических фаз: механический, термодинамический и концентрационный. Склонность к термической аморфизации при закалке из жидкого состояния для сплавов заданного состава кардинальным образом отличается от их склонности к деформационной аморфизации в камере Бриджмена. Сделано заключение, что подобное различие обусловлено существенным различием физических параметров, определяющих реализацию этих процессов. (ФГУП ЦНИИчермет).

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

В.В. Кведер