

План работы ЦКП ФИАН. Перспективные исследования

I Высокотемпературные сверхпроводники

Планируемые исследования	Задействованные комплексы установок
<p>1. Планируемой главной целью деятельности Центра является поиск и создание сверхпроводников с критической температурой порядка комнатной. Для достижения этой цели в Центре развиваются несколько направлений исследований: (а) создание плоских зон на уровне Ферми, (б) подстройка сингулярности ван-Хова в окрестности уровня Ферми, (в) осуществление топологической сверхпроводимости, (г) осуществление сверхпроводимости на интерфейсе материала с сильными фононными модами, (д) осуществление сверхпроводимости в метал-оксидных гетероструктурах, (е) осуществление сверхпроводимости в материалах с ковалентной связью в условиях высокого давления. Инженерию требуемой зонной структуры запланировано проводить путем выбора перспективного химического мотива, химического легирования материала, а тонкую подстройку спектра – путем электрического легирования, гидростатического давления и одноосного сжатия.</p>	«СИНТЕЗ» «РЕНТГЕН» «ЭКСТРИМ»
<p>2. Создание материалов в Центре планируется проводить по нескольким магистральным направлениям: (а) создание новых объемных материалов, (б) создание тонкопленочных эпитаксиальных структур и интерфейсов, (в) создание метал-оксидных пленочных гетероструктур, (г) создание интерфейсов с топологически нетривиальными квантовыми материалами. В области синтеза новых объемных ВТСП материалов для исследований и прикладных разработок планируется получение поликристаллических и монокристаллических образцов сверхпроводящих слоистых оксипупратов, арсенидов и селенидов железа, теллуридов и халькогенидов переходных металлов, с использованием методики газового транспорта, расплавными и раствор-расплавными методами, а также методом Бриджмена (рост в температурном градиенте). Запланированы исследования взаимосвязи кристаллохимических параметров с физическими свойствами полученных материалов методами рентгенофазового анализа, электронной микроскопии, энергодисперсионной спектроскопии и дифракции обратно-рассеянных электронов. Для создания гетероструктур планируется использование методов атомно-слоевого осаждения из газовой фазы, магнетронного напыления, электронно-лучевого осаждения, и импульсного лазерного осаждения эпитаксиальных слоев.</p>	«СИНТЕЗ» «РЕНТГЕН» «ЭКСТРИМ» «НАНОЛАБ»

<p>3. Планируется развитие методик измерений при Мб-давлениях для получения новых полигидридов и осуществления в них сверхпроводимости под давлением. Эту работу планируется проводить в кооперации с Институтом кристаллографии РАН. Путем замещения редкоземельных элементов планируется снижать величину давления, требуемого для осуществления сверхпроводимости.</p>	<p>«ЭКСТРИМ»</p>
<p>4. Для изучения связи электронной структуры синтезированных ВТСП материалов с их сверхпроводящими характеристиками проводятся исследования их зонной структуры методом фотоэлектронной спектроскопии с угловым и спиновым разрешением.</p>	<p>«ЭКСТРИМ»</p>
<p>5. Планируется продолжать исследования магнитотранспортных (эффект Холла, магнитосопротивление, термоэдс) и термодинамических свойств (АС- и DC-намагниченности, температурные зависимости теплоемкости, анизотропия теплоемкости в магнитном поле, глубина проникновения, критическое магнитное поле, химический потенциал). Эти измерения востребованы разработчиками новых материалов, как из ФИАН, так и из сторонних организаций.</p>	<p>«ЭКСТРИМ»</p>
<p>6. В области оптической спектроскопии ВТСП материалов, планируется проведение исследований по ИК- спектроскопии сверхпроводящих пниктидов железа, а в дальнейшем – других перспективных материалов для определения параметров нормального и сверхпроводящего состояния (величины сверхпроводящих щелей, типа симметрии параметра порядка и др.).</p>	<p>«СПЕКТРОСКОПИЯ»</p>
<p>7. Планируется экспериментально изучить возможность изменения симметрии параметра порядка с ростом концентрации дефектов из анализа поведения температурной зависимости сверхтекучей плотности (или лондоновской глубины проникновения), которая согласно теории с ростом концентрации дефектов изменяется от экспоненциальной до степенной T^n с $1,6 < n < 2$.</p>	<p>«ЭКСТРИМ»</p>
<p>8. Для выявления особенностей электронного спектра объемных сверхпроводников вблизи уровня Ферми, а также симметрии и структуры волновых функций квазичастиц (электронов, куперовских пар) в синтезированных ВТСП материалах планируется проведение исследований по спектроскопии многократных андреевских отражений в микроконтактах и микромостиках типа SnS.</p>	<p>«ЭКСТРИМ»</p>

9. Информацию о локальных поверхностных свойствах (нм- и суб-нм) планируется получать (а) из измерений методом сверхвысоковакуумной низкотемпературной сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) и спектроскопии (СТС) и (б) путем изготовления наноструктур субмикронных размеров. Измерения планируется проводить в диапазоне температур до 0,4К и в магнитных полях до 15Тесла)	«ЭКСТРИМ», «НАНОЛАБ»
10. Планируются поиск сверхпроводимости в слоях атомной толщины, на интерфейсах и управление ею при помощи методов послойного дизайна структур, электрического легирования, а также исследования сверхпроводящих свойств наноструктур из таких слоев.	«НАНОЛАБ»

II Новые квантовые материалы

Для исследований КМ запланирована работа по трем направлениям: рост кристаллов, создание из них гетероструктур, наноструктурирование и исследование их электронных свойств. Микро- и нано-структуры планируется создавать на основе топологических изоляторов, вейлевских и дираковских полуметаллов, графеноподобных материалов и сверхпроводников с возможной нетривиальной топологией или с сильным спин-орбитальным взаимодействием.

Планируемые исследования	Задействованные комплексы установок
1. Планируется синтез и рост монокристаллов топологических изоляторов, вейлевских и дираковских полуметаллов как платформы для создания пленочных и “чешуечных” наноструктур. Создание и исследование ван-дер Ваальсовых гибридных структур из топологически нетривиальных материалов в контакте со сверхпроводниками.	«СИНТЕЗ» «РЕНТГЕН» «ЭКСТРИМ»
2. Планируется проведение ARPES исследований электронного спектра новых материалов - кандидатов в вейлевские и дираковские полуметаллы, для выявления дираковских особенностей и Ферми-дуг в спектре, а также для оптимизации/корректировки условий роста и состава материалов.	«ЭКСТРИМ»
3. Планируется применение ARPES методик для выявления в энергетическом спектре квантовых материалов ветвей различной киральности и спиновой поляризации.	«ЭКСТРИМ»
4. Планируется изучение поверхностных электродинамических свойств КМ: Измерение ИК спектров отражения и пропускания, а также эллипсометрические измерения (в диапазоне от ИК до УФ). Расчет оптических функций (проводимость, диэлектрическая проницаемость), разделение вкладов различных механизмов, формирующих спектры.	«СПЕКТРОСКОПИЯ»
5. Планируется реализация микро и нано- контактов к химически чувствительным наночешуйкам топологических изоляторов. Выявление новых транспортных свойств таких структур.	«СПЕКТРОСКОПИЯ»

III. Сильно коррелированные материалы

Планируемые исследования	Задействованные комплексы установок
1. Планируется выявление и изучение эффектов межэлектронного взаимодействия в двумерных и квазиодномерных электронных системах, включая селениды, халькогениды, арсениды и теллуриды.	«ЭКСТРИМ»
2. Планируется выявление и изучение квантовых фазовых переходов в сверхпроводниках. Изменение химическим допированием положения на фазовой диаграмме сверхпроводящей фазы в железосодержащих сверхпроводниках с целью выявления квантовых критических точек; тонкая подгонка к критической точке методами зонной инженерии (давление, электронное легирование). Выявление особенностей вблизи критической точки в нормальной фазе в термодинамических характеристиках и особенностей (симметрия, наличие нулей) параметра порядка в сверхпроводящей фазе из вольт-амперных характеристик нано-сужений.	«ЭКСТРИМ» «СИНТЕЗ» «РЕНТГЕН»
3. Планируется исследование свойств, механизмов электропроводности и фазовых состояний в манганитах.	«ЭКСТРИМ»
4. Планируется исследование свойств гекса-, додэка- и гектоборидов.	«ЭКСТРИМ»
5. Планируется исследование эффектов взаимодействия спинового, зарядового упорядочения и сверхпроводящего спаривания в квазидвумерных и квазиодномерных материалах.	«ЭКСТРИМ»

VI. Технологии создания ВТСП материалов и устройств для практического применения

Планируемые исследования	Задействованные комплексы установок
1. Планируется разработка технологии получения протяженных токонесущих элементов на основе железосодержащих сверхпроводников с изотропными свойствами методом криотермального механохимического активирования, а также методом экструзии (геометрия типа «порошок в трубе»). Оптимизация сверхпроводящих характеристик путем изменений условий синтеза, экструзии и введения связующих наночастиц.	«СИНТЕЗ»
2. Планируется разработка и исследование ВТСП компактных токоограничивающих устройств.	«ЭКСТРИМ»
3. Планируется разработка источников сверхсильных магнитных полей на основе новых ВТСП материалов.	«СИНТЕЗ» «ЭКСТРИМ»