

20-198  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ им. Л. В. КИРЕНСКОГО

На правах рукописи  
УДК 538.221:537.311.33

Иванова Наталья Борисовна

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ И МАГНИТНОЙ  
ВОСПРИИМЧИВОСТИ В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ОКСИДАХ И ХАЛЬКОГЕНИДАХ  
С МАЛОЙ ПОДВИЖНОСТЬЮ НОСИТЕЛЕЙ ТОКА

01.04.11 – физика магнитных явлений

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Красноярск-1992

Работа выполнена в лаборатории физики магнитных явлений  
Института физики им. Л.В.Киренского СО РАН.

Научные руководители: доктор физико-математических наук,  
профессор Овчинников С.Г.,

кандидат физико-математических наук,  
доцент Чернов В.И.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,  
профессор Кузьмин Е.В.  
кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник Патрин Г.С.

Ведущая организация: Сибирский физико-технический  
институт /г.Томск/

Защита состоится " 5 " 02, 1993 г. в час.  
на заседании специализированного совета Д002.67.02  
по защитам диссертаций при Институте физики  
им. Л.В.Киренского СО РАН.

Адрес: 660036, г.Красноярск, Академгородок, Институт  
физики.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института  
физики им. Л.В.Киренского СО РАН.

Автореферат разослан "30 " 12, 1992г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
доктор физико-математических наук  Вальков В.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Для многокомпонентных окислов и халькогенидов переходных металлов, у которых кроме  $s$  - электронов, валентными являются также и  $d$  - электроны, характерно наличие двух групп взаимодействующих между собой электронов. Межэлектронное взаимодействие для  $s$ -системы электронов оказывается всегда малым. Для  $d$ - же системы внутриатомное кулоновское взаимодействие является основным по величине и должно учитываться уже в нулевом приближении. В силу этого обстоятельства систему  $d$ -электронов следует описывать на языке атомоподобных многоэлектронных конфигураций, а  $s$ -систему - в рамках одноэлектронного зонного подхода. Получаемые в таком многоэлектронном зонном подходе модели энергетической структуры позволяют с единой точки зрения описать экспериментальные температурные зависимости коэффициента поглощения света, проводимости и намагниченности многих материалов, например, магнитных полупроводников на основе  $CdCr_2Se_4$ .

В настоящее время достаточно убедительно показано, что особенности электрических и магнитных свойств окислов и халькогенидов переходных металлов, имеющих в окрестности полупроводниковой щели  $3d$ -электронные состояния, обусловлены в основном  $s$  -  $d$  обменным взаимодействием и гибридизацией атомных и зонных состояний. Однако точность расчетов многоэлектронного зонного спектра еще не высока, некоторые параметры могут быть получены только при сравнении с экспериментом.

Поэтому комплексные экспериментальные исследования, например, электропроводности и намагниченности таких материалов особенно актуальны.

Целью работы является комплексное исследование электрических и магнитных свойств окислов и халькогенидов металлов, имеющих в окрестности уровня Ферми s-d гибридованную зону, для получения информации о взаимном влиянии электронной и магнитной подсистем. В качестве материалов для исследования выбраны магнитные полупроводники на основе  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$ , а также медь содержащие окислы  $\text{La}_2\text{CuO}_4$ ,  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  и  $\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ , в которых 3d-электроны меди участвуют в образовании химических связей. Кроме того эти материалы представляют интерес в связи с тем, что они при определенных условиях являются сверхпроводниками с высокими критическими температурами. Для достижения цели были поставлены задачи: 1) изучить температурное поведение проводимости и намагниченности на одних и тех же ферромагнитных образцах  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$  и установить между ними соответствие; 2) исследовать температурное поведение магнитной восприимчивости медь содержащих Y- и Tl керамик, выделить вклад от кристаллитов; 3) изучить температурное и магнитополевое поведение проводимости и намагниченности в антиферромагнитных образцах  $\text{La}_2\text{CuO}_4$ .

Новизна результатов. Из комплексных измерений электрических и магнитных характеристик, выполненных на одних и тех же монокристаллических образцах вырожденных магнитных полупроводников  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$  n-типа, впервые экспериментально установлено

соответствие между температурными зависимостями проводимости и намагниченности. Проведен анализ экспериментальных результатов в рамках модельного представления о спиновом расщеплении электронных энергий с учетом гибридизации, получены оценки параметров s-d обмена, гибридизации, глубины залегания примесных уровней.

Изучены температурные зависимости проводимости, намагниченности и магнетосопротивления в антиферромагнитных полупроводниках  $\text{La}_2\text{CuO}_4$ , впервые экспериментально установлено соответствие между температурными зависимостями проводимости и намагниченности. Проведен анализ результатов с учетом перемешивания атомных и зонных состояний, формирующих потолок валентной зоны.

Исследованы действительная и мнимая компоненты динамической магнитной восприимчивости ряда сверхпроводящих керамик Y и Tl- групп. Показано, что в области перехода в сверхпроводящее состояние магнитная восприимчивость определяется неомогенной гранулярной структурой и в основном несет информацию о слабых связях.

На защиту выносятся:

1. Результаты исследования температурных зависимостей намагниченности монокристаллов  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$  и интерпретация в рамках термодинамики ферромагнетиков с промежуточной валентностью.

2. Результаты исследования температурных зависимостей проводимости монокристаллов  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$ , их объяснение с учетом

перемешивания атомных и зонных состояний.

3. Результаты исследования магнитной восприимчивости в сверхпроводящих керамиках Y- и Tl-групп.

4. Экспериментальные доказательства корреляции электронных и магнитных свойств в монокристаллах  $\text{La}_2\text{CuO}_4$ .

Практическая ценность. Результаты комплексного исследования электрических и магнитных свойств монокристаллов  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$  позволяют глубже понять природу взаимосвязи локализованных и свободных электронов, что необходимо для создания устройств с принципиально новым способом управления их характеристиками. Исследованные ферромагнитные полупроводники представляют интерес в качестве основы для магнитоуправляемых диодов Шоттки и диодов Ганна.

Обнаруженная в работе корреляция электронных и магнитных свойств  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  может быть использована при объяснении явления высокотемпературной сверхпроводимости.

Полученные в диссертации результаты явились следствием работы по плану исследований, проводимых в Институте физики им. Л.В.Киренского по теме "Физические основы создания твердотельных устройств" № 2.3.9155 и "Высокотемпературная сверхпроводимость" № 1.1.

Апробация работы. Основные результаты диссертации опубликованы в семи статьях и докладывались на Всесоюзном совещании по химической связи, электронной структуре и физико-химическим

свойствам полупроводников и полуметаллов (Калинин-1985), Всесоюзной конференции "Тройные полупроводники и их применение" (Ишинева-1989), Всесоюзном совещании по проблемам высокотемпературной сверхпроводимости (Свердловск-1987), Всесоюзной конференции молодых ученых (Харьков-1989), Второй Всесоюзной конференции по высокотемпературной сверхпроводимости (Киев-1989).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения, изложенных на 114 страницах машинописного текста, содержит 28 рисунков и 1 таблицу. Список цитированной литературы включает 92 названия.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении кратко рассмотрено научное значение комплексного исследования электрических и магнитных свойств материалов, содержащих вблизи краев зон узких гибридизованных квазилокализованных электронных состояний, сформулирована цель работы, приведены основные положения, которые выносятся на защиту.

Первая глава представляет собой обзор литературы, в которой изложены вопросы магнитного упорядочения и структура магнитных полупроводников - халькогенидных шпинелей хрома, являющихся ферромагнетиками и тетраоксидокупрата дилантана  $\text{La}_2\text{CuO}_4$ , являющегося антиферромагнетиком. Обсуждаются кинетические свойства этих соединений, их связь с магнитным упорядочением, особенности зонного спектра, связанные с s-d обменным взаимо-

действием, а также магнитные фазовые переходы в состояние со слабым ферромагнетизмом в  $\text{La}_2\text{CuO}_4$ .

Во второй главе приведено описание объектов исследования, технология их приготовления, методы изготовления электрических контактов, методика измерения температурной зависимости электропроводности, двух компонент динамической магнитной восприимчивости а также бесконтактный способ измерения полных потерь - джоулевых и потерь, связанных с магнитным гистерезисом. Для изучения проводимости образцы изготовлялись в виде брусков с отношением максимального линейного размера к минимальному не менее 10:1. Хотя анизотропия проводимости в вырожденных монокристаллах  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$  мала, все измерения выполнены для измерительного тока, протекающего вдоль направления  $[110]$ , совпадающего с длиной бруска. Магнитное поле при измерениях намагниченности также было направлено вдоль направления  $[110]$ . При измерениях проводимости и намагниченности в  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  ток и магнитное поле совпадали с осью  $[c]$  кристаллов. Описаны оригинальные конструкции низкотемпературных вставок в транспортный гелиевый дьвар для измерения проводимости и магнитной восприимчивости.

Проводимость, как правило, измерялась четырехзондовым методом, магнитная восприимчивость - с помощью специально сконструированного моста взаимоиנדукции, фазовращатели которого выполнены на полупроводниковых операционных усилителях. Конструкция моста позволяла одновременно с помощью двух синхронных детекторов регистрировать как магнитные потери, так и дисперсию.

Намагниченность измерялась на вибрационном магнитометре со сверхпроводящим соленоидом, калибровка которого производилась по никелевому эталону. Измерялись изотермы  $M(H)$  в области полей от долей до 7 Тесла для различных температур от 4,2К до комнатной. Намагниченность насыщения при  $T \rightarrow 0$  и коэффициенты в спин-волновом разложении  $M(T)$  определялись на ЭВМ методом наименьших квадратов с несколькими выборками до сотни экспериментальных значений из различных температурных областей. Намагниченность насыщения определялась экстраполяцией линейного участка зависимостей  $M(H)$  в области истинного намагничивания к значению при  $H \rightarrow 0$ .

Магнетосопротивление и эдс Холла измерялись в магнитном поле до 10 Тл, которое создавалось соленоидом Биттера.

Бесконтактное измерение полных потерь производилось с помощью изготовленного устройства, основой которого является зависимость тока сетки автогенератора от потерь в контуре, включенном в анодную цепь лампы.

В третьей главе изложены результаты измерения температурных зависимостей намагниченности в монокристаллах  $HgCr_2Se_4$ . Анализ зависимостей  $M(H, T)$  проведен в рамках теории ферромагнетиков с промежуточной валентностью (Вальков В.В., Овчинников С.Г. Спин-волновая теория ферромагнетиков с промежуточной валентностью. — Препринт № 169Ф. — Красноярск: Институт физики СОАН СССР. — 1981, 19с.), которая предсказывает появление линейного по температуре вклада в  $M(T)$ :

$$M(T) = M(0) [1 - \alpha T - \beta T^{3/2} Z_{3/2}(H, T)], \quad (1)$$

где третье слагаемое – блоловский вклад в намагниченность, второе – вклад Валькова-Овчинникова. С целью выделения линейного вклада в  $M(T)$  была проведена аппроксимация экспериментальных данных выражением (1) по методу наименьших квадратов на ЭВМ. Параметры  $M(0)$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  являлись подгоночными. Значения этих параметров для поля  $H = 0,8$  Тл равны, соответственно,  $76,70$  Гс·см<sup>3</sup>/г,  $2,54 \cdot 10^{-3}$  К<sup>-1</sup>,  $3,96 \cdot 10^{-5}$  К<sup>-3/2</sup>. Насколько удовлетворительна такая аппроксимация видно из рис.1, где наклон кривых пропорционален  $\beta$ , а отсекаемый отрезок на оси ординат равен  $\alpha$ .

Физическая причина появления линейного вклада Валькова-Овчинникова заключается в перераспределении электронов между атомными и зонными состояниями, а его величина определяется конкретными значениями параметров зонного спектра.

Четвертая глава посвящена изучению влияния перемешивания атомных и зонных состояний на электропроводность  $HgCr_2Se_4$ . Температурные зависимости проводимости вырожденных образцов, когда концентрация носителей заряда слабо зависит от температуры, обусловлены поведением подвижности носителей. В случае перемешивания атомных и зонных состояний на уровне ферми подвижность наиболее просто представить в виде:

$$\frac{1}{\mu} = \frac{\mu^2}{\mu_s} + \frac{\nu^2}{\mu_d}, \quad (2)$$

где  $\mu_s, \mu_d$  – подвижности s- и d-электронов соответственно,

$u^2$ ,  $v^2$  - вероятности нахождения электронов в s- и d- состояниях, зависящие от температуры через величину среднего значения спина на узле  $S(T)$ , а также от величины интеграла s-d обменного взаимодействия  $J$ , параметра гибридизации  $V$  и глубины залегания примесного уровня  $D$ :

$$u^2 = \frac{1}{2} \left[ 1 - \frac{D - \frac{J}{2} S(T)}{\left[ \left( D - \frac{J}{2} S(T) \right)^2 + 4K(T)V^2 \right]^{1/2}} \right], \quad (3)$$

$$v^2 = 1 - u^2.$$

Аппроксимация экспериментальных данных по подвижности выражением (2) позволила оценить параметры  $J = 0,80$  эВ,  $V = 0,40$  эВ,  $D = 0,25$  эВ. Результаты согласования представлены на рис.2, откуда следует хорошее согласие с формулой (2) при низких температурах, когда  $S(T)/S(0) > 0,5$ . Таким образом показано, что температурный ход подвижности носителей заряда определяется не какими-либо механизмами рассеяния, а трансформацией зонного спектра из-за s-d обменного взаимодействия и гибридизации.

В данной главе представлены также зависимости температуры Кюри и проводимости монокристаллов  $HgCr_2Se_4$  с разной степенью замещения ртути кадмием. Существенным является то обнаруженное обстоятельство, что даже незначительное замещение Hg на Cd, не оказывающее заметного влияния на температуру Кюри, приводит к кардинальным изменениям в проводимости. Это объясняется модификацией энергии дефектных комплексов хрома, связанных с примесью кадмия.

Материалы, в которых имеет место перераспределение электронов между s и d состояниями, можно использовать для на

готовления гетероструктур с уникальными свойствами, что иллюстрируется в работе на примере диода Шоттки на основе контакта вольфрам -  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$ . N - образные вольт-амперные характеристики полученного устройства объясняются тем, что сильное электрическое поле в области точечного контакта приводит к смещению d-состояний полупроводника до энергии Ферми металла. Носители заряда при этом в приконтактной области  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$  оказываются в состояниях с меньшей подвижностью, чем и обуславливается отрицательная дифференциальная проводимость.

В пятой главе приведены результаты исследования магнитной восприимчивости керамических высокотемпературных сверхпроводников  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  и  $\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ . Причины включения этих, стоящих несколько обособленно на первый взгляд, результатов в диссертацию связаны со следующим. Представляется правдоподобным, что учет перемешивания атомных и зонных состояний является необходимым при объяснении транспортных свойств не только магнитных полупроводников, как это показано в третьей и четвертой главах, но и любых материалов, имеющих в окрестности полупроводниковой щели относительно узкую гибридованную зону.

Такой подход будет полезен для объяснения открытых недавно сверхпроводников с высокими критическими температурами, содержащих медь в качестве необходимого компонента. Известно, что в благородных металлах энергии термов типа  $3d(10) 4s(1)$  и  $3d(9)4s(2)$  близки, поэтому d-электроны меди могут формировать потолок валентной зоны, следовательно эффекты гибридизации могут быть существенны для кинетических явлений.

Из-за отсутствия монокристаллов необходимого размера были выполнены только измерения магнитной восприимчивости керамических Y- и Tl- сверхпроводников. Из-за большого разброса критических полей межзеренных границ не удается наложением магнитного поля в чистом виде выделить эффекты, связанные со сверхпроводящей матрицей. Электрические измерения поэтому были выполнены на монокристаллах  $\text{La}_2\text{CuO}_4$ , это соединение является родоначальником семейства высокотемпературных сверхпроводников. Тем не менее описанная в главе II методика измерения магнитной восприимчивости была применена нами при отработке технологии создания новых сверхпроводящих оксидов ртути.

Итак, в шестой главе приведены результаты измерений проводимости и намагниченности  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  в зависимости от температуры и магнитного поля. Сопротивление образцов от температуры, когда измерительный ток течет вдоль оси [с] кристалла, имеет характер, показанный на рис.3, откуда видно, что по мере уменьшения температуры от комнатной в окрестности температуры Нееля  $T(N)$  имеет место примерно двукратное увеличение сопротивления а при  $T < 20\text{K}$  резкий рост, который указывает на диэлектризацию электронного спектра. Изменения вблизи  $T(N)$  объясняются ростом доли d-состояний на уровне Ферми в результате сужения зоны при магнитном упорядочении. Однозначно объяснить рост сопротивления при  $T < 20\text{K}$  в настоящее время не представляется возможным.

Другим проявлением корреляции электрических и магнитных свойств  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  являются магнитополевые зависимости сопротивления и намагниченности, представленные на рис.4, откуда следу-

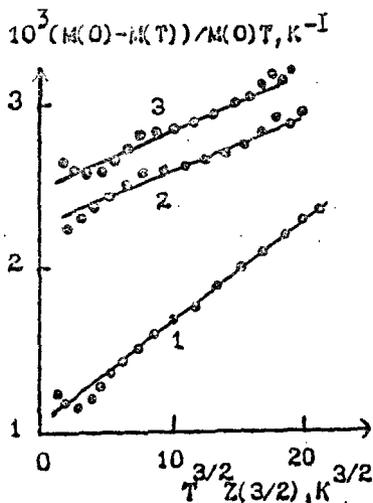


Рис.1. Температурные зависимости намагниченности  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$  в полях 1-0,2; 2-6,0; 3-8,0 Тл. Точки - эксперимент, сплошные линии - расчет.

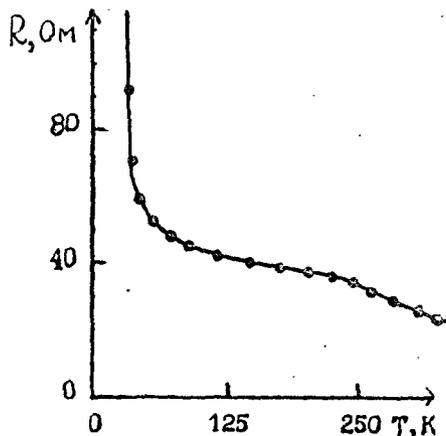


Рис.3. Зависимость электросопротивления  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  от температуры.

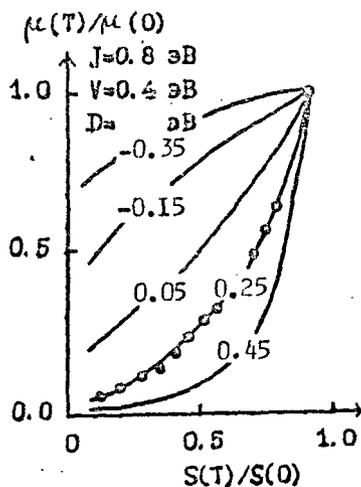


Рис.2. Зависимость подвижности  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$  от намагниченности. Сплошные линии - расчет по формулам (2) и (3), точки - эксперимент.

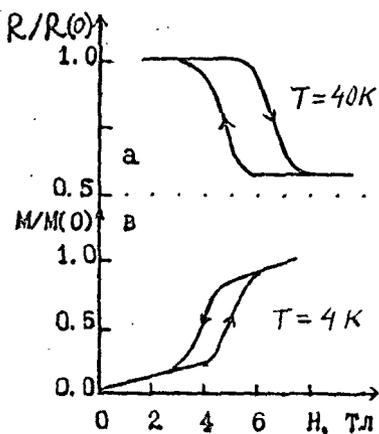


Рис.4. Зависимость сопротивления (а) и намагниченности (в)  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  от магнитного поля.

ет, что гистерезис в сопротивлении связан с гистерезисом в намагниченности. Обсуждаются причины возникновения гистерезиса, даются доказательства о наличии магнитного фазового перехода первого рода в  $\text{La}_2\text{CuO}_4$ .

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ

1. Проведены комплексные измерения температурных зависимостей проводимости и намагниченности на одних и тех же образцах вырожденных магнитных полупроводников  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$  n-типа. Показана возможность адекватного описания магнитных и электрических свойств с единых позиций, учитывающих перераспределение s- и d-подобных электронных состояний.

2. Обнаружен линейный по температуре вклад в температурную зависимость намагниченности  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$ , являющийся определяющим в спин-волновой области температур и при 10К примерно в 5 раз превышающий блоховский. Предложено объяснение неблоховского поведения намагниченности на основе спин-волновой теории ферромагнетиков с промежуточной валентностью.

3. Показано, что температурная зависимость подвижности  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$  n-типа определяется в основном не механизмами рассеяния, а модификацией зонной структуры благодаря s-d обмену и гибридизации. При этом носителями заряда в гибридизованной зоне являются миксоны – квазичастицы, сочетающие свойства как s-, так и d-электронов.

4. С использованием многоэлектронной s-d модели и экспе-

риментальных данных по температурной зависимости подвижности определены параметры зонной структуры  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$ : обменный интервал  $J = 0,80$  эВ, параметр гибридизации  $V = 0,40$  эВ, глубина залегания одноэлектронного примесного уровня  $D = 0,25$  эВ.

5. Исследована действительная и мнимая компоненты динамической магнитной восприимчивости ряда сверхпроводящих керамик Y- и Tl- групп в широком интервале температур. Показано, что в области перехода в сверхпроводящее состояние магнитная восприимчивость керамических образцов определяется неомогенной гранулярной структурой и в основном несет информацию о слабых связях между кристаллитами.

6. Проведены комплексные измерения температурной зависимости электросопротивления, магнитопольевых зависимостей намагниченности и магнетосопротивления антиферромагнитно упорядоченных монокристаллов  $\text{La}_2\text{CuO}_4$ . Показано, что учет только моттовского механизма проводимости не достаточен для адекватного описания поведения сопротивления в широкой области температур. Учет перемешивания s- и d-подобных состояний на потолке валентной зоны позволил объяснить поведение электросопротивления в температурном интервале 80 – 300 К, включая особенность, проявляющуюся при температуре Нееля.

7. Обнаружена корреляция магнитопольевого поведения намагниченности и магнетосопротивления  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  в области магнитного фазового перехода из антиферромагнитной фазы в состояние со слабым ферромагнетизмом. Взаимосвязь электрических и магнитных свойств при фазовом переходе объясняется с учетом модификации зонного спектра при магнитном упорядочении.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Чернов В.К., Гавричков В.А., Иванова Н.Б., Вейсиг Г.С., Боряшинов Ю.В. Температурная зависимость подвижности в магнитном полупроводнике  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$ . //ФТТ.-1986.-Т.28, вып.1.- С.289-291.
2. Иванова Н.Б., Чернов В.К. Температурная зависимость намагниченности в магнитном полупроводнике  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$ . //ФТТ.-1986.-Т.28, вып.6.- С.1941-1943.
3. Иванова Н.Б., Чернов В.К. Влияние перемешивания зонных и атомных состояний на физические свойства халькогенидных шпинелей хрома // Физика магнитных полупроводников.-Красноярск: Институт физики.-1987.- С.15-30.
4. Гавричков В.А., Гавричков С.А., Дрокин Н.А., Иванова Н.Б., Кононов В.П., Чернов В.К., Эдельман И.С. Эффекты образования связи в магнитных полупроводниках - халькогенидных шпинелях хрома // Тезисы Всесоюзного совещания "Химическая связь, электронная структура и физико-химические свойства полупроводников и полуметаллов". Калинин. 1985.-С.80.
5. Иванова Н.Б., Чернов В.К. Миксоны и связанные с ними эффекты в  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$  // Тезисы Всесоюзной конференции "Тройные полупроводники и их применение".- Кишинев: Штиинца.- 1989.-С.54.
6. Иванова Н.Б., Чернов В.К. Нелинейный отклик на НЧ-возбуждение в ВТСП-керамике  $\text{YBaCuO}$ . - Преприят N 530Ф. Красноярск: ИФ СО АН СССР.- 1988.-21с.
7. Дудников В.А., Иванова Н.Б., Исаева Т.И., Клищенко Е.Н., Овчинников С.Г., Теремов С.Г., Чернов В.К. Исследование системы  $\text{Y-Ba-Cu-O}$  ультразвуковым методом в области температур 20-950 С // Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Проблемы высокотемпературной сверхпроводимости".- Свердловск: УрО АН СССР.-1987.-

4.2, С.201-202.

8. Чернов В.К., Иванова Н.Б., Бузмаков А.Е. Проводимость контакта металл-магнитный полупроводник  $\text{HgCr}_2\text{Se}_4$  // Тезисы III семинара по функциональной магнитоэлектронике. Красноярск: ИФ СО АН СССР.- 1988.-С.69-70.

9. Иванова Н.Б., Пискунов О.Н., Чернов В.К. Особенности магнитной восприимчивости монокристаллов, керамики и порошков  $\text{Y-Ba-Cu-O}$  // Тезисы докладов XX Харьковской областной научно-технической конференции молодых исследователей.- Харьков: ФТИНТ АН СССР.-1989.- С.32-33.

10. Бидман Т.А., Волков В.Е., Данилов И.Ю., Иванова Н.Б., Овчинников С.Г., Чернов В.К. Синтез и физические свойства таллиевых керамик, модифицированных металлами Pt- группы // Тезисы докладов II Всесоюзной конференции по высокотемпературной сверхпроводимости.- Киев: ИМ АН УССР.-1989.-Т.11, С.43.

11. Бидман Т.А., Волков В.Е., Вершинина Л.И., Иванова Н.Б., Лентьев А.Ю., Овчинников С.Г., Чернов В.К. Особенности микроструктуры и физических свойств таллиевых керамик, модифицированных платиной // СФХТ.-1990, Т.3, №1.- С.73-77.

12. Иванова Н.Б., Чернов В.К., Пискунов О.Н. Критическое состояние в ВТСП-керамиках.- Препринт N 621Ф. Красноярск: ИФ СО АН СССР.- 1990.-21 с.

13. Балаев А.Д., Бшков А.Б., Демьянец Л.Н., Иванова Н.Б., Овчинников С.Г., Хрусталева В.П., Чернов В.К. Корреляция электронных и магнитных свойств  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  // ЖЭТФ.-1991, Т.100, вып. 4(10).- С.1365-1369.

*Иванова*