

Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Красноярск
Сибирский федеральный университет, Красноярск
Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского
Новосибирский государственный университет
Институт неорганической химии СО РАН, Новосибирск
Научный совет РАН по проблеме «Физика низких температур»

**Международный сибирский семинар по
высокотемпературной сверхпроводимости и
физике наноструктур
ОКНО-2016**

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

11-13 августа 2016 года
г. Красноярск

Красноярск ИФ СО РАН 2016

Организаторы

Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Красноярск



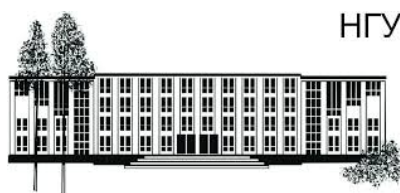
Сибирский федеральный университет, Красноярск



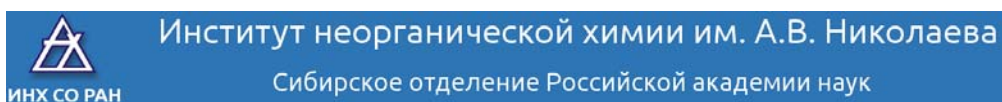
Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского



Новосибирский государственный университет



Институт неорганической химии СО РАН, Новосибирск



Научный совет РАН по проблеме «Физика низких температур»

Организационный комитет

д.ф.-м.н., профессор Боярский Леонид Александрович, Институт неорганической химии СО РАН, Новосибирск

д.ф.-м.н., профессор Овчинников Сергей Геннадьевич, Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Сибирский федеральный университет, Красноярск

д.ф.-м.н., профессор Югай Климентий Николаевич, Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, Омск

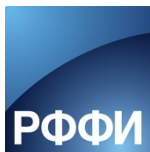
к.ф.-м.н., Макаров Илья Анатольевич, Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Красноярск

Программный комитет

д.ф.-м.н., профессор Овчинников Сергей Геннадьевич, Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Сибирский федеральный университет, Красноярск

к.ф.-м.н., Макаров Илья Анатольевич, Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Красноярск

Спонсорская поддержка



Российский фонд фундаментальных исследований и
правительство Красноярского края
(проект № 16-42-241054 р_г)



Компания «Криотрейд инжиниринг»
(Криогенные жидкости и криогенная
техника)

Компания «Криотрейд инжиниринг» образована в 2008 году.

Основные направления деятельности компании:

- производство криогенного оборудования на основе собственных разработок;
- поставка криогенного и аналитического оборудования лучших зарубежных производителей.

«Криотрейд инжиниринг» является эксклюзивным представителем компаний Cryomech, Inc. (США) и Lake Shore Cryotronics, Inc. (США) на территории России. Также «Криотрейд инжиниринг» представляет в России компанию attocube systems AG (Германия) - производителя уникальных криогенных зондовых микроскопов. Компания открыта к сотрудничеству и участию в интересных проектах.

Содержание

Анализ петель намагниченности сверхпроводников

Гохфельд Д.М. 8

Квантовый транспорт в проволоках TiN

Миронов А.Ю. 9

Особенности экспериментального исследования сверхпроводящего перехода в двумерных системах

Постолова С.В., Миронов А.Ю., Батурина Т.И. 10

Исследование низкотемпературных свойств изоляторов с куперовскими парами

Бурдастых М.В., Миронов А.Ю. 11

Исследование неравновесной релаксации модели Гейзенберга с дальнедействующей корреляцией дефектов

Медведева М.А., Прудников П.В. 12

Двухслойные магнитные структуры с диполь-дипольным взаимодействием

Солдусова А.П., Прудников П.В. 13

Расчет коэффициента магнитосопротивления мультислойных магнитных структур

Романовский Д.Е., Прудников В.В., Прудников П.В. 14

Особенности неравновесной критической динамики в чистых и разбавленных трехмерных изингоподобных ферромагнетиках

Крижановский В.В., Прудников В.В., Прудников П.В. 15

Влияние магнитного порядка, меняющегося под действием внешнего магнитного поля, на электронную структуру и поверхность Ферми в t - J модели

Кузьмин В.И., Николаев С.В., Овчинников С.Г. 16

Влияние внутрищелевого возбуждения на суперобмен в La_2CuO_4 посредством образования неравновесных фотовозбужденных центров

Гавричков В.А., Полукеев С.И., Овчинников С.Г. 17

Переходы металл-диэлектрик и образование страйпов в дырочно-легированных купрата

Джуманов С., Худайбердиев З.С. 18

<i>Устройство защиты от большого радиоимпульса на основе четвертьволновых нерегулярных микрополосковых резонаторов</i>	
Говорун И.В.....	19
<i>Температурные зависимости электропроводности и тензорезистивные свойства халькогенидов переходных металлов</i>	
Кузнецов В.А., Романенко А.И., Бердинский А.С., Федоров В.Е.....	20
<i>Исследование электронных транспортных свойств термоэлектриков на основе слоистых халькогенидов переходных металлов</i>	
Яковлева Г.Е., Романенко А.И., Бердинский А.С., Артемкина С.Б., Федоров В.Е.....	21
<i>Контроль электропроводности пленок однослойных углеродных нанотрубок в процессе синтеза</i>	
Брянцев Я.А., Архипов В.Е., Романенко А.И., Бердинский А.С., Окотруб А.В.	22
<i>Эволюция оптического поглощения нанокмполитов серебра с сополимерной матрицей арабиногалактан-олигопиррол</i>	
Жмурова А.В., Зеленков Л.Е., Сухов Б.Г., Илларионов А.И., Перетяцько И.Г., Шендрик Р.Ю.	23
<i>Влияние спин-переориентационного перехода на редкоземельную подсистему в ортоферрите YbFeO_3</i>	
Никитин С.Е., Шайхутдинов К.А., Подлесняк А.А., Wu L., Pomjakushina E., Conder K.	24
<i>Магнитострикция гексагонального монокристалла HoMnO_3</i>	
Павловский Н.С., Дубровский А.А., Шайхутдинов К.А., Терентьев К.Ю.....	25
<i>Влияние анизотропии на транспортные свойства слоистого высокотемпературного сверхпроводника с магнитными и немагнитными протяженными дефектами</i>	
Кашурников В.А., <u>Максимова А.Н.</u> , Руднев И.А., Одинцов Д.С.....	26
<i>Перемагничивание двумерных слоистых ВТСП с примесями</i>	
Мороз А.Н., Максимова А.Н., Кашурников В.А., Руднев И.А.	27
<i>Влияние примесного рассеяния на спин-резонансный пик в соединениях железа</i>	
<u>Шестаков В.А.</u> , Коршунов М.М.	28
<i>Эффективные многоцентровые спин-спиновые взаимодействия в s-d(f)-модели</i>	
<u>Комаров К.К.</u> , Дзедзисашвили Д.М.	29

<i>Сильно коррелированные ультрахолодные бозе-атомы в двумерной оптической решетке</i> <u>Кудашкин К.И.</u> , Николаев С.В.	30
<i>Магнитное поведение монокристаллов $\text{Co}_{3-x}\text{Fe}_x\text{VO}_5$ при замещении $x=0.10$</i> Князев Ю.В., Платунов М.С., Казак Н.В., Великанов Д.А., Безматерных Л.Н., Овчинников С.Г.	31
<i>Сверхпроводящие материалы и изделия на их основе для прикладной сверхпроводимости</i> <u>Дерягина И.Л.</u> , Попова Е.Н.	32

Тезисы

АНАЛИЗ ПЕТЕЛЬ НАМАГНИЧЕННОСТИ СВЕРХПРОВОДНИКОВ

Д.М. Гохфельд

Институт физики им. Л. В. Киренского СО РАН, 660036, Красноярск, Россия

e-mail: gokhfeld@iph.krasn.ru

Значительный диамагнитный отклик это один из необходимых критериев для регистрации сверхпроводящей фазы в исследуемом образце. Измерения полевых и температурных зависимостей намагниченности позволяют провести детальную характеризацию сверхпроводника. Анализ петель намагниченности дает возможность определить следующие параметры: поле полного проникновения, поле необратимости, первое и второе критическое поле, глубину проникновения магнитного поля. При наличии пик-эффекта определяются параметры перехода в вихревой решетке или параметры фазового расслоения. Для применений сверхпроводников важнейшим параметром является плотность критического тока. Связь между плотностью критического тока сверхпроводника j_c и гистерезисной петлей намагниченности $M(H)$ была установлена в модели критического состояния [1].

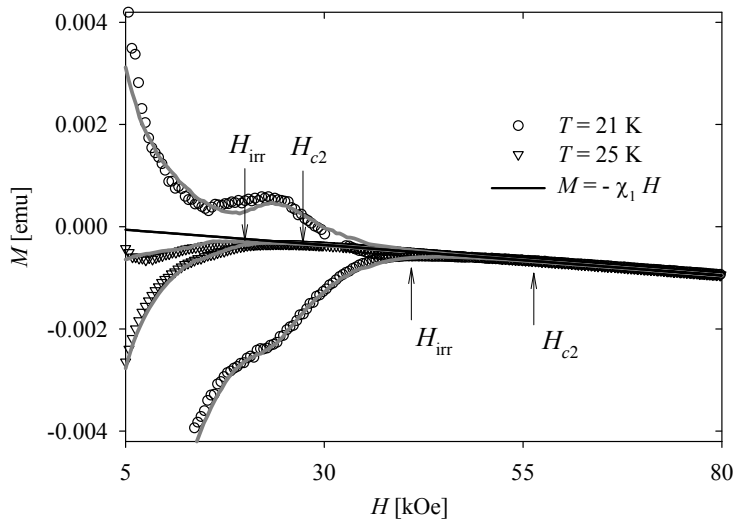


Рис. 1. Пример анализа петли намагниченности ВКВО из работы [5].

Расширенная модель критического состояния [2,3,4] учитывает влияние как объема, так и поверхности сверхпроводника, на его намагниченность и позволяет выполнять параметризацию петель намагниченности с асимметрией относительно оси $M = 0$.

В работе рассмотрены примеры описания петель намагниченности и определения параметров сверхпроводников (см. рис. 1). Обсуждаются влияние геометрических размеров и формы образцов на вид петель намагниченности, критический ток

и замороженное магнитное поле.

- [1] С. Р. Bean, Rev. Mod. Phys. **36**, 31 (1964)
- [2] D. M. Gokhfeld, D. A. Balaev, M. I. Petrov, S. I. Popkov, K. A. Shaykhutdinov, V. V. Valkov, J. Appl. Phys. **109**, 033904 (2011)
- [3] Д. М. Гохфельд, ФТТ **56**, 2298 (2014)
- [4] D. M. Gokhfeld, J. Phys.: Conference Series **695**, 012008 (2016)
- [5] Д. А. Балаев, Д. М. Гохфельд, С. И. Попков, К. А. Шайхутдинов, Л. А. Клинова, Л. Н. Жерихина, А. М. Цвохребов, ЖЭТФ **145**, 120 (2014)

КВАНТОВЫЙ ТРАНСПОРТ В ПРОВОЛОКАХ TiN

А.Ю. Миронов^{1,2*}

¹*Институт физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН, 630090, Новосибирск, Россия*

²*Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, Россия*

*e-mail: mironov@isp.nsc.ru

Проведено исследование низкотемпературных транспортных свойств сверхпроводящих проволок нитрида титана толщиной 3.6 и 5 нм и шириной от 100 нм до 50 мкм. Плёнки TiN были выращены методом атомарно-слоевого осаждения. Далее методами фотолитографии и электронно-лучевой литографии с последующим плазмохимическим травлением были изготовлены проволоки различной ширины.

Показано, что уменьшение ширины проволок не влияет на транспортные свойства при температурах выше гелиевых, и электронный транспорт в этом температурном диапазоне определяется квантовыми вкладами в проводимость от слабой локализации и электрон-электронного взаимодействия. Установлено, что уменьшение ширины проволок приводит к уширению сверхпроводящего перехода и понижению критической температуры сверхпроводящего перехода T_c , а также к полному подавлению критической температуры топологического перехода Березинского-Костерлица-Таулесса $T_{БКТ}$. Показано, что, хотя верхнее критическое магнитное поле может увеличиваться при уменьшении ширины проволок, тем не менее измеримая величина сопротивления в более узких проволоках возникает при более слабых магнитных полях, чем в более широких. Выявлено уменьшение величины гистерезиса порогового тока при уменьшении ширины проволок. Обнаружены множественные метастабильные состояния вблизи порогового тока, характерные для одномерных цепочек джозефсоновских переходов.

Работа выполнена при финансовой поддержке фонда Российских фундаментальных исследований (грант № 16-02-00803-а).

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПЕРЕХОДА В ДВУМЕРНЫХ СИСТЕМАХ

С. В. Постолова^{*1,2}, А.Ю. Миронов^{1,2}, Т. И. Батурина^{1,2}

¹*Институт физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН, 630035, Новосибирск, Россия*

²*Новосибирский государственный университет, 630035, Новосибирск, Россия*

^{*}*e-mail: postolova@isp.nsc.ru*

Известно, что в двумерных сверхпроводящих системах глобальное фазово-когерентное сверхпроводящее состояние существует только при $T=0$. На практике, переходом в сверхпроводящее состояние называют резкое уменьшение сопротивления тонких плёнок на несколько порядков вплоть до неизмеримо малого. Этот переход характеризуется двумя температурами. При понижении температуры и достижении критической температуры T_c , модуль параметра порядка становится отличным от нуля. Тем не менее, ниже T_c сопротивление остается конечным вследствие флуктуаций фазы параметра порядка, которые существуют в виде газа подвижных вихрей и антивихрей. Вторая характерная температура, температура перехода Березинского-Костерлица-Таулесса (БКТ), $T_{\text{БКТ}}$ при которой вихри и антивихри объединяются в неподвижные диполи. Базовым экспериментальным материалом при исследовании этого круга явлений, как правило, являются данные измерений линейной и нелинейной проводимости. При этом, обычно за T_c принимается температура, при которой производная сопротивления по температуре dR/dT достигает максимума [1]; температура, определенная из сопоставления экспериментальной температурной зависимости сопротивления с теоретической зависимостью, учитывающей исключительно прямой вклад в проводимость флуктуационных куперовских пар - вклад Асламазова-Ларкина [2,3] и т.д. Что касается перехода БКТ, то обычно полагается, что наблюдение участков на вольтамперных характеристиках (ВАХ) $V-I$, где $V \sim I^{\alpha(T)}$, с показателем степени $\alpha > 1$, свидетельствует о наличии этого перехода, а значение температуры, при которой $\alpha(T) = 3$ принимается за $T_{\text{БКТ}}$.

В данной работе на примере сверхпроводящих плёнок нитрида титана (TiN) толщиной $d < 10$ нм показано, что вышеизложенная интерпретация экспериментальных данных существенно искажает картину сверхпроводящих переходов в $2D$ системах. Используя системный подход к определению T_c , основанный на учёте *всех* квантовых вкладов в проводимость, показано, что параметр порядка устанавливается при температуре существенно меньшей, чем та, что определена исходя из учёта только вклад Асламазова-Ларкина. Показано, что даже в области выше T_c ВАХ могут иметь степенные участки с $\alpha > 1$ и такое поведение обусловлено классическим разогревом электронного газа в металлах.

Работа выполнена при финансовой поддержке фонда Российских фундаментальных исследований (грант № 16-02-00803-а).

[1] P. G. Baity, X. Shi, Z. Shi, et. al, Phys. Rev. B **93**, 024519 (2016)

[2] V. F. Gantmakher, M. V. Golubkov, JETP Letters **73**, 131 (2001)

[3] R. Crane, N. P. Armitage, A. Johansson, et. al, Phys. Rev. B **75**, 184530 (2007).

ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ ИЗОЛЯТОРОВ С КУПЕРОВСКИМИ ПАРАМИ

М.В. Бурдастых^{1,2*}, А.Ю. Миронов^{1,2}

¹Институт физики полупроводников им. А. В.Ржанова СО РАН, 630090, Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, Россия

*e-mail: mburdastyh@mail.ru

В последние несколько десятилетий наблюдается бурное развитие методов и подходов, обеспечивающих создание и изучение наноразмерных систем с принципиально новыми свойствами. Однако детальное описание поведения подобных систем в различных температурных диапазонах зачастую недостаточно полно.

Целью данной работы является экспериментальное исследование низкотемпературных свойств изоляторов с куперовскими парами. В качестве объекта исследования выступала серия из трех квазидвумерных неупорядоченных пленок NbTiN, выращенных методом атомарно-слоевого осаждения. Пленки находились в различной степени близости к переходу сверхпроводник-изолятор по беспорядку.

Исследование заключалось в измерении температурных и магнитопольевых зависимостей сопротивления в температурном диапазоне от 200 мК до 300 К и магнитных полях до 12 Тл, а также вольт-амперных характеристик.

Сопротивление пленок при комнатной температуре R_{sq} выступало в качестве параметра порядка. При увеличении степени беспорядка наблюдалось как уменьшение критической температуры перехода в сверхпроводящее состояние T_c от 2 К до 0.7 К, так и уменьшение температуры перехода Березинского-Костерлица-Таулесса T_{BKT} до нуля, что является свидетельством приближения исследуемых образцов к области перехода сверхпроводник-изолятор по беспорядку.

С увеличением магнитного поля наблюдался рост сопротивления (Рис. 1а,б), оно достигало максимального значения и затем уменьшалось. По мере приближения пленок к области перехода сверхпроводник-изолятор по беспорядку, максимум становился более выраженным. Вместе с этим поведение сопротивления в широком диапазоне магнитных полей хорошо описывалось активационной зависимостью $R = R_0 \exp(T_I/T)$ (Рис. 1в), причем энергия активации $k_B T_I$ увеличивалась с ростом беспорядка, а также немонотонным образом зависела от магнитного поля. Перечисленные свойства свидетельствуют о реализации магнитоиндуцированного перехода сверхпроводник-изолятор.

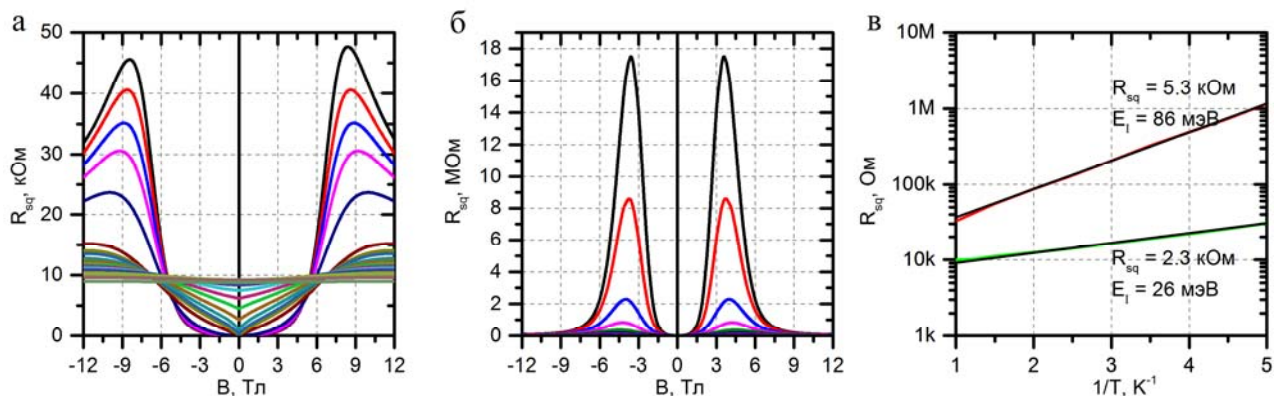


Рис. 1. Магнитопольевые зависимости сопротивления двух пленок с (а) $R_{sq} = 2.3$ кОм и (б) $R_{sq} = 5.3$ кОм при температурах от 0.2 К до 6.6 К; (в) Зависимость сопротивления в активационных координатах в магнитном поле $B = 6.9$ Тл.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта президента РФ МК-4628.2016.2.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАВНОВЕСНОЙ РЕЛАКСАЦИИ МОДЕЛИ ГЕЙЗЕНБЕРГА С ДАЛЬНОДЕЙСТВУЮЩЕЙ КОРРЕЛЯЦИЕЙ ДЕФЕКТОВ

М.А. Медведева^{1*}, П.В. Прудников¹

¹Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 644077, Омск, Россия

*e-mail: mmed@mail.ru

К моделям систем с дальнедействующей корреляцией дефектов существует несомненный интерес как с общетеоретической точки зрения выявления новых типов критического поведения, так и с точки зрения реальной возможности проявления дальнедействующей корреляции дефектов в полимерах, при переходе в сверхтекучее состояние ⁴He в пористой среде – аэрогеле, в ориентационных стеклах, в неупорядоченных твердых телах с дефектами фракталоподобного типа и при описании дислокаций на поверхности. Поэтому в данной работе исследовалась модель неупорядоченной спиновой системы на кубической решетке с линейным размером L и наложенными периодическими граничными условиями. Микроскопический гамильтониан неупорядоченной модели Гейзенберга записывается в виде $H = -J \sum_{i,j}^N p_i p_j \vec{S}_i(t) \vec{S}_j(t)$. Полагается, что дальнедействующие эффекты корреляции между точечными дефектами реализуются в виде случайно ориентированных линий.

В данной работе впервые представлены результаты численного Монте-Карло-исследования влияния дефектов на характеристики неравновесного критического поведения сильно неупорядоченной трехмерной модели Гейзенберга при ее эволюции из высокотемпературного начального состояния с начальной приведенной намагниченностью $m_0 \ll 1$. При найденных критических температурах $T_c(p=0.8)=1.197(2) J/k_B$ [1] и $T_c(p=0.6)=0.888(5) J/k_B$ [2] было осуществлено численное исследование неравновесной критической динамики в коротковременном режиме для трехмерной слабо и сильно неупорядоченной модели Гейзенберга со спиновой концентрацией $p=0.80$ и $p=0.60$. Были исследованы логарифмическая производная намагниченности $\partial_\tau \ln m(t, \tau)|_{\tau=0} \sim t^{1/\nu z}$, кумулянт $F_2(t, L) = m_{m_0=0}^{(2)} / (m(t, L))_{m_0=1}^2 \sim t^{d/z}$, $U_2(t) = m_{m_0=0}^{(2)} / m^2 - 1 \sim t^{d/z}$, второй момент намагниченности $m_{m_0=0}^{(2)}(t) \sim t^{c_2}$ и автокорреляционная функция $C(t) \sim t^{-c_a}$, где $c_2 = (d - 2\beta/\nu)/z$, $c_a = d/z - \theta'$, где $d=3$ - размерность системы. Были получены следующие значения критических индексов $\beta/\nu=0.510(78)$, $z=2.257(61)$, $\theta'=0.453(26)$ и $\beta/\nu=0.473(4)$, $z=2.497(2)$, $\theta'=0.425(3)$ для слабо и сильно неупорядоченной модели Гейзенберга, соответственно.

Полученные значения показателей демонстрируют сильное влияние дальнедействующей корреляции дефектов на критическое поведение систем, описываемых многокомпонентным параметром порядка. Сравнивая значения критических индексов для сильно и слабо неупорядоченной модели Гейзенберга, можно сделать вывод, что данные системы принадлежат к разным классам универсальности. Установлено, что сильно неупорядоченная модель Гейзенберга характеризуется более медленной динамикой.

Проведенные исследования были поддержаны грантом РФФИ №16-32-00581 мол_а, грантом Президента РФ №МД-6024.2016.2, проектом Министерства образования и науки РФ №1627, в рамках государственного задания ВУЗам в части проведения научно-исследовательских работ на 2014-2016 гг. Для проведения расчетов были использованы ресурсы суперкомпьютерного комплекса МГУ им. М.В. Ломоносова и межведомственного суперкомпьютерного центра РАН Москвы и Санкт-Петербурга.

[1] P.V. Prudnikov, M.A. Medvedeva, PTP **127(3)**, 369 (2012)

[2] П.В. Прудников, М.А. Медведева, ФНТ **40(5)**, 570 (2014)

ДВУХСЛОЙНЫЕ МАГНИТНЫЕ СТРУКТУРЫ С ДИПОЛЬ-ДИПОЛЬНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ

А.П. Солдусова^{*}, П.В. Прудников

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 644077, Омск, Россия

^{}e-mail: anka_omsk@mail.ru*

Мультислойные магнитные структуры представляют собой структуры из тонких магнитных пленок, разделенных немагнитными материалами. В таких структурах был открыт эффект гигантского магнетосопротивления, на основе которого создаются устройства хранения данных [1], магнитные сенсоры [2]. Мультислойные структуры широко исследуются как теоретическими, так и экспериментальными методами [3,4].

В данной работе проводилось компьютерное моделирование двухслойной структуры методом Монте-Карло. Каждый слой структуры представлял собой тонкую ферромагнитную пленку с анизотропией в направлении, перпендикулярном плоскости слоев. Взаимодействие между слоями обусловлено дальнедействующим диполь-дипольным взаимодействием, в результате воздействия которого в низкотемпературной области в отсутствии внешнего поля реализуется антипараллельное упорядочение отдельных магнитных моментов слоев [5]. Параметром порядка в такой системе является шахматная намагниченность – разность моментов слоев.

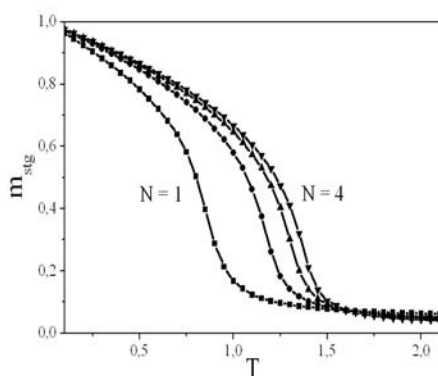


Рис. 1. Температурная зависимость шахматной намагниченности для структур с толщиной слоев $N=1, 2, 3, 4$.

Температурное поведение шахматной намагниченности, представленное на Рис. 1, демонстрирует фазовый переход из упорядоченного низкотемпературного в неупорядоченное высокотемпературное состояние. Наблюдается увеличение температуры перехода с ростом толщины ферромагнитных слоев.

В работе проводилось исследование влияния начальных состояний на неравновесное поведение двухслойных структур с диполь-дипольным взаимодействием. Моделирование проводилось из низко- и высокотемпературного начального неравновесного состояния. Исследования показали, что в неравновесном критическом поведении наблюдаются спин-стекольные эффекты памяти и старения.

Работа выполнена при поддержке грантом Российского научного фонда, № 14-12-00562, грантом Президента РФ № МД-6024.2016.2 и проектом Министерства образования и науки РФ №1627, в рамках государственного задания ВУЗам в части проведения научно-исследовательских работ на 2014-2016 гг.. Численные исследования проведены с привлечением ресурсов суперкомпьютерного комплекса МГУ им. М.В. Ломоносова и Межведомственного суперкомпьютерного центра РАН Москвы и Санкт-Петербурга.

- [1] B. Heinrich, J.A.C. Bland, Eds., Ultrathin Magnetic Structures, Vol 4, Berlin: Springer (2005)
- [2] M. Melzer, M. Kaltenbrunner, D. Makarov, D. Karnaushenko, D. Karnaushenko, T. Sekitani, T. Someya, O.G. Schmidt, Nat. Commun. **6**, 6080 (2015)
- [3] L.A. Michez, B.J. Hickey, Phys. Rev. B **77**, 012408 (2008)
- [4] J. Mayberry, K. Tauscher, M. Pleimling, Phys. Rev. B **90**, 014438 (2014)
- [5] A.P. Soldusova, P.V. Prudnikov, V.V. Prudnikov, J. Phys.: Conf. Ser. **681**, 012017 (2016)

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЯ МУЛЬТИСЛОЙНЫХ МАГНИТНЫХ СТРУКТУР

Д.Е. Романовский^{1*}, В.В. Прудников¹, П.В. Прудников¹

¹ Омский Государственный Университет им. Ф.М. Достоевского, 644077, Омск, Россия

* e-mail: romfizz898@gmail.com

Представлено описание эффекта гигантского магнитосопротивления в мультислойных магнитных структурах с использованием анизотропной модели Гейзенберга для задания магнитных свойств тонких ферромагнитных пленок, образующих данные структуры. Методами Монте - Карло осуществлено моделирование магнитных свойств структуры, состоящей из двух ферромагнитных пленок Fe, разделенных немагнитной пленкой Cr. Осуществлен расчет коэффициента магнитосопротивления для разных значений толщин ферромагнитных пленок при задании шкалы температур через величину интеграла обменного взаимодействия $J_1 = 1.7 \cdot 10^{-14}$ эрг. Произведен учет взаимодействия атомов, следующих за ближайшими, с константой обменного взаимодействия $J_2 = 0.4 \cdot 10^{-14}$ эрг.

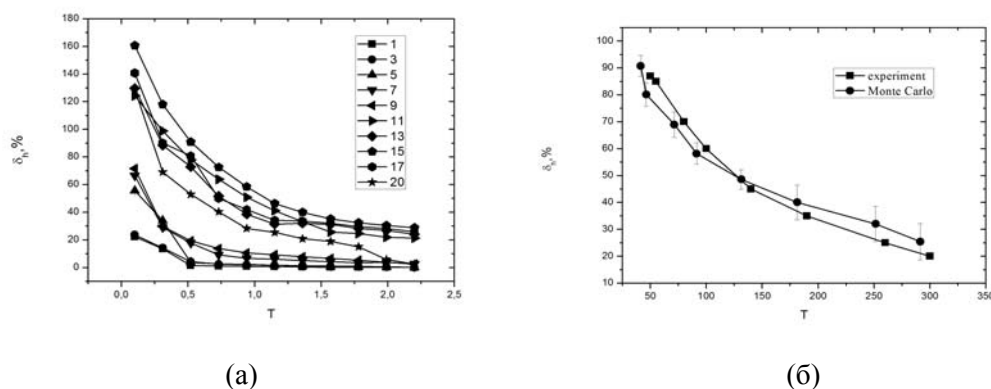


Рис 1. Зависимость коэффициента магнитосопротивления трехслойной структуры, состоящей из двух ферромагнитных слоев, разделенных немагнитным слоем, от температуры для различных значений толщины N ферромагнитных пленок (а), и сопоставление графиков температурной зависимости коэффициента магнитосопротивления для структуры Fe/Cr при толщине пленок железа в 3 нм (б), рассчитанных методами Монте-Карло и измеренных экспериментально [1].

Рассчитанная зависимость коэффициента магнитосопротивления от толщины (рис.1а) ферромагнитных пленок N соответствует размерным изменениям критической температуры ферромагнитного фазового перехода в гейзенберговских пленках, выявленным в работах [2,3], и находятся в согласии с результатами экспериментальных исследований пленок Fe, Co и Ni на подложках из немагнитных металлов [4]. Интервал толщин пленок с $N=14 \div 17$, в котором коэффициент магнитосопротивления принимает максимальные значения при заметно более медленном его уменьшении с ростом температуры, соответствует гейзенберговским пленкам с критическим поведением, описываемым трехмерной моделью Изинга [2,3]. Показано, что рассчитанная температурная зависимость коэффициента магнитосопротивления находится в хорошем соответствии с экспериментальными данными, полученными для мультислойных магнитных структур Fe(001)/Cr(001) [1] (рис.1б).

[1] Bass J., Pratt W.P. // JMMM. 1999. V. 200. P. 274-289.

[2] П.В., Прудников В.В., Медведева М.А. // Письма в ЖЭТФ. 2014. Т. 100. С. 501-505.

[3] Prudnikov P.V., Prudnikov V.V., Menshikova M.A., Piskunova N.I. // JMMM. 2015. V.387. P. 77-82.

[4] Vaz C.A.F., Bland J.A.C., Lauhoff G. // Rep. Prog. Phys. 2008. V. 71. 056501 P.1-78.

ОСОБЕННОСТИ НЕРАВНОВЕСНОЙ КРИТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ В ЧИСТЫХ И РАЗБАВЛЕННЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗИНГОПОДОБНЫХ ФЕРРОМАГНЕТИКАХ

В.В. Крижановский^{1*}, В.В. Прудников¹, П.В. Прудников¹

¹ Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 644077, Омск, Россия

*e-mail: FehrtunKrizh@gmail.com

Представлены результаты численного исследования особенностей неравновесного критического поведения чистых и разбавленных трехмерных изингоподобных ферромагнетиков при их эволюции из различных начальных состояний. Рассмотрены системы с широким спектром изменения спиновой концентрации p . Реализовано компьютерное моделирование критической релаксации намагниченности при старте из различных начальных состояний, определяемых приведенной намагниченностью m_0 , от низкотемпературного начального состояния с $m_0=1$ до высокотемпературного начального состояния с $m_0 \ll 1$. Моделирование проводилось на кубической решётке с линейными размерами $L=64$ и 128 и наложенными периодическими граничными условиями.

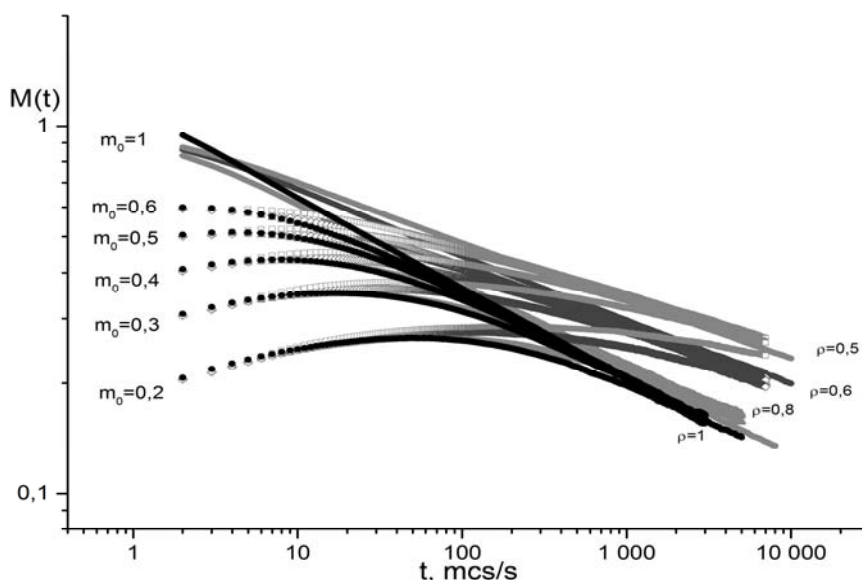


Рис. 1 Графики критической релаксации намагниченности $M(t)$ систем с различными начальными состояниями с намагниченностями m_0 и различными спиновыми концентрациями p .

На рис. 1 представлены графики критической релаксации намагниченности $M(t)$ систем с различными начальными намагниченностями $m_0=0.2 \div 1$ и различными спиновыми концентрациями $p=1.0, 0.8, 0.6, 0.5$. Наглядно проявляются эффекты критического замедления с временами релаксации, растущими с увеличением концентрации дефектов (уменьшением p). Видно, что кривые релаксации для систем с фиксированной p , которые стартовали из начальных состояний $m_0 \neq 1$, асимптотически стремятся к кривым релаксации систем, стартовавших из низкотемпературного начального состояния с $m_0=1$. Для систем с $m_0 \ll 1$ на этапе неравновесной эволюции наблюдается характерный рост намагниченности, описываемый степенным законом $M(t) \propto t^{\theta'}$, где θ' – показатель начальной эволюции. При временах $t > t_{cr} \propto m_0^{-1/(\theta'+\beta/z\nu)}$ данный этап эволюции сменяется режимом, характеризуемым степенной зависимостью $M(t) \propto t^{-\beta/z\nu}$. При эволюции системы из начального упорядоченного состояния с $m_0=1$ временная зависимость намагниченности в критической точке сразу определяется степенной зависимостью $M(t) \propto t^{-\beta/z\nu}$ со значениями показателей, зависящими от спиновой концентрации p .

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОРЯДКА, МЕНЯЮЩЕГОСЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ, НА ЭЛЕКТРОННУЮ СТРУКТУРУ И ПОВЕРХНОСТЬ ФЕРМИ В t -J МОДЕЛИ

В.И. Кузьмин^{1*}, С.В. Николаев^{1,2}, С.Г. Овчинников^{1,2}

¹*Институт физики им. Л. В. Киренского СО РАН, 660036, Красноярск, Россия*

²*Сибирский федеральный университет, 660041, Красноярск, Россия*

*e-mail: kuz@iph.krasn.ru

В данной работе исследуется влияние магнитного поля на электронную структуру сильно коррелированных систем посредством магнитной структуры. В частности, мы исследуем вопрос о том, может ли постоянное магнитное поле, направленное нормально к плоскости, оказывать заметный эффект на поверхность Ферми купратов в экспериментально достижимых полях, сосредотачиваясь на антиферромагнитном недопированном случае в отсутствие поля. Нами применяется несколько модифицированная версия кластерной теории возмущений [1] к t -J модели с целью учета как дальнего скошенного магнитного порядка, так и ближних корреляций.

Обнаружены резкие изменения в поверхности Ферми с увеличением поля при некотором критическом значении, зависящем от параметров модели. Показано, что это значение может лежать в диапазоне экспериментально достижимых полей [2]. Как результат, поверхности Ферми, наблюдаемые в экспериментах по квантовым осцилляциям и в экспериментах по фотоэмиссионной спектроскопии с угловым разрешением, могут быть разделены подобными немонотонными изменениями.

[1] Sénéchal D., Perez D., Pioro-Ladrière M., Phys. Rev. Lett. **84**, 522 (2000).

[2] Кузьмин В.И., Николаев С.В., Овчинников С.Г., Письма в ЖЭТФ **103**, 132 (2016).

ВЛИЯНИЕ ВНУТРИЦЕЛЕВОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ НА СУПЕРОБМЕН В La_2CuO_4 ПОСРЕДСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ НЕРАВНОВЕСНЫХ ФОТОВОЗБУЖДЁННЫХ ЦЕНТРОВ

В.А. Гавричков^{1*}, С.И. Полукеев^{1*}, С.Г. Овчинников^{1,2}

¹Институт физики им. Л. В. Киренского СО РАН, 660036, Красноярск, Россия

²Сибирский федеральный университет, 660041, Красноярск, Россия

*e-mail: sp992@yandex.ru

Понимание переноса энергии между зарядовой, орбитальной и спиновой степенями свободы является важной проблемой для многих областей физики конденсированного состояния. С первых экспериментов оптическое возбуждение электронных спинов и сверхбыстрая динамика намагниченности получили большое внимание. Возможность управлять обменным взаимодействием с помощью света имеет важное значение во многих областях физики, от квантовых вычислений до сильно коррелированных материалов. Во многих экспериментах было обнаружено влияние оптической накачки на обменное взаимодействие в Мотт-Хаббардовских диэлектриках, таких как купраты, манганиты, бороксины и кобальтиты и т.д. Происхождение межатомного обменного взаимодействия во всех этих оксидах связано с механизмом суперобмена через кислород. Существуют некоторые упрощенные модельные расчёты суперобменного взаимодействия при облучении светом в трёхатомной модели катион1-кислород-катион2, которая в полной теории обобщается на кристаллическую решётку. Расчёт суперобменного взаимодействия для кристаллической решетки можно легко выполнить в некоторой упрощенной модели, как модель Хаббарда.

В данной работе было вычислено обменное взаимодействие в недопированном купрате La_2CuO_4 при оптической накачке методом LDA + GTB (обобщенный метод сильной связи). Сначала были проведены вычисления для основного состояния. Метод LDA + GTB позволяет рассчитать электронную структуру сильно коррелированных оксидов. Была использована кластерная теория возмущений для точной диагонализации многозонного гамильтониана Pd – модели внутри каждой элементарной ячейки CuO_6 рассчитанными из первых принципов параметрами и описания межъядерных перескоков как возмущений. Данная работа ограничивается антиферромагнитным купратом La_2CuO_4 , тем не менее все идеи и методы могут быть применены к любому диэлектрику Мотта-Хаббарда. Для того, чтобы учесть эффект оптической накачки, были включены возбуждённые однодырочные локальные состояния, а так же возбуждённые двухдырочные синглеты и триплеты. Наконец, была получена модификация суперобменного взаимодействия, вызванная стационарным световым облучением. Используя параметры LDA для купрата La_2CuO_4 , получен результат, представленный на Рис.1.

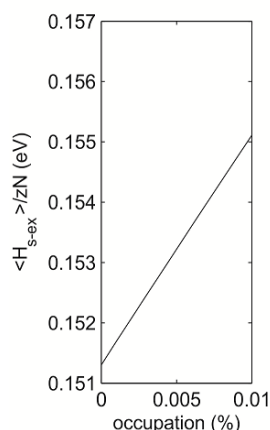


Рис. 1. Зависимость антиферромагнитного вклада в заполнение первого возбуждённого однодырочного состояния.

ПЕРЕХОД МЕТАЛЛ-ДИЭЛЕКТРИК И ОБРАЗОВАНИЕ СТРАЙПОВ В ДЫРОЧНО-ЛЕГИРОВАННЫХ КУПРАТАХ

С. Джуманов, З.С.Худайбердиев

*Национальный Университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, 100174, Ташкент,
Узбекистан*

e-mail: zafar-uzb@mail.ru

Понимание механизмов локализации носителей заряда (электронов и дырок), перехода металл-диэлектрик (ПМД), образование страйпов и подавления высокотемпературной сверхпроводимости в дырочно-легированных купратах остается одним из центральных вопросов физики конденсированного состояния. Локализация носителей заряда, вызванная сильной электронной корреляцией (модель Хаббарда) [1] и структурной неупорядоченностью решетки (модель Андерсона) [2] рассматриваются как основные механизмы ПМД, как в нелегированных, так и в легированных материалах. Однако, эти стандартные модели ПМД не в состоянии объяснить в полной мере эксперименты по ПМД в некоторых материалах, в частности, к таким материалам относятся медно-оксидные соединения (купраты), интерес к которым возрос после обнаружения их сверхпроводимости при относительно высоких температурах [3]. Как известно, купраты принадлежат к классам веществ с сильной электронной корреляцией в медно-кислородных плоскостях и сильной неупорядоченностью решетки в так называемых «резервуарах заряда». Поэтому металл-диэлектрик переходы в купратах могут иметь некоторые особенности Моттовского и Андерсонского переходов.

Многочисленные экспериментальные данные показывают, что электрон-решеточное взаимодействие в купратах является достаточно сильным и основными состояниями носителей заряда являются их автолокализованные (поляронные и биполаронные) состояния [4]. ПМД в купратах тесно связан с их высокотемпературной сверхпроводимостью. Для установления природы диэлектрического и металлического состояния в легированных оксидных высокотемпературных сверхпроводниках (ВТСП), а также для понимания механизма высокотемпературной сверхпроводимости в ВТСП исследование возможных ПМД в этих материалах представляет значительный интерес [5].

В данной работе нами изучены явления автолокализации носителей заряда в ВТСП купратах в рамках континуальной модели и адиабатического приближения с использованием прямого вариационного метода и образование страйпов. Нами получены простые и общие количественные критерии моттовских и андерсоновских металл-диэлектрик переходов в легированных купратах. В частности, показано, что моттовский металл-диэлектрик переход происходит, когда примесная зона начинает перекрываться с валентной зоной кислорода и критерии моттовского перехода не удовлетворяются в легированных ВТСП купратах, в которых сильный биполаронный эффект нарушает выполнение критерия моттовского металл-диэлектрик перехода. Также изучены возможные количественные критерии андерсоновского металл-диэлектрик перехода и проанализировано выполнение этих критериев в ВТСП купратах. Это позволяет описать количественно ПМД в легированных купратах и проливает свет на механизмы ПМД, которые происходят в этих сложных материалах.

[1] Н. Мотт, Э. Дэвис. Электронные процессы в некристаллических веществах. – М.: Мир, 1974.

[2] P.W. Anderson. Phys. Rev. 109, 1492 (1958).

[3] G. Bednorz, K.A. Müller, Z.Phys. B64, 189 (1986)

[4] E.K.H. Salje, A.S. Alexandrov and Liang (eds) "Polarons and Bipolarons in High Temperature Superconductors and Related Materials". Cambridge University Press, Cambridge, (1995)

[5] M. Imada, A. Fujimori, Y. Tokura. Rev.Mod.Phys. 70, 1039 (1998)

УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ ОТ БОЛЬШОГО РАДИОИМПУЛЬСА НА ОСНОВЕ ЧЕТВЕРТЬВОЛНОВЫХ НЕРЕГУЛЯРНЫХ МИКРОПОЛОСКОВЫХ РЕЗОНАТОРОВ

И.В. Говорун^{1*},

¹*Красноярский Научный Центр СО РАН, 660036, Красноярск, Россия*

*e-mail: govorun-ilya@mail.ru

Приведено устройство защиты от СВЧ радиоимпульса большой мощности, выполненное на основе двух нерегулярных четвертьволновых микрополосковых резонаторов, связь между которыми в рабочей полосе частот осуществляется через третий полуволновый резонатор с управляющим элементом из пленки ВТСП. Работа устройства основана на способности ВТСП пленки переходить из сверхпроводящего состояния в нормальное при протекании по нему тока, плотность которого превышает критический порог. В результате добротность среднего резонатора, резко падает, и он перестает связывать крайние, прохождение между которыми резко уменьшается.

Макет устройства с центральной частотой 7.9 ГГц, относительной шириной полосы пропускания 9 % обеспечивает подавление сигнала в режиме ограничения более чем на 25 дБ. Потери сигнала в полосе пропускания в режиме прохождения составили 1.5 дБ.

На рисунке 1 справа приведена передаточная характеристика (зависимость выходной мощности от входной) в логарифмическом масштабе. Из нее видно, что устройство переходит в режим ограничения при входной мощности порядка 90 мВт, до этого уровня мощности устройство находится в линейном режиме. Уровень просачивающейся мощности не превышает 30 мВт при входной мощности в 44 Вт.

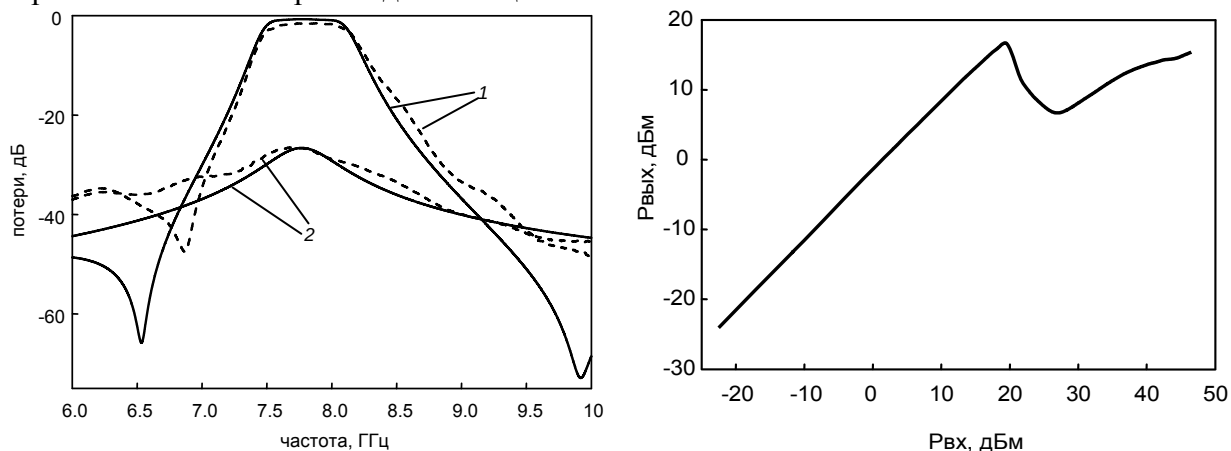


Рис 1. Частотные зависимости коэффициентов прохождения устройства защиты: 1 – в открытом, 2 – в закрытом состоянии. Сплошные линии – результаты моделирования, пунктир – экспериментальные данные. Передаточная характеристика устройства защиты на частоте 7.9 ГГц.

Используемая пленка ВТСП YBaCuO с критической температурой 88-89 К и плотностью критического тока 10^6 А/см², наносилась на подложку Al₂O₃ методом лазерного напыления, имела толщину 150 нм.

[1] Б.А. Беляев, И.В. Говорун, А.А. Лексиков, А.М. Сержантов, Известия Вузов Физика, т.55, вып.10 (2012).

[2] Б.А. Беляев, И.В. Говорун, А.А. Лексиков, А.М. Сержантов, ПЖТФ, т.35, вып.5 (2012).

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, стипендия Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук, СП-3036.2016.3.

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ И ТЕНЗОРЕЗИСТИВНЫЕ СВОЙСТВА ХАЛЬКОГЕНИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

В. А. Кузнецов^{1,2*}, А. И. Романенко¹, А. С. Бердинский², В. Е. Федоров¹

¹*Институт неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН, 630090, Новосибирск, Россия*

²*Новосибирский государственный технический университет, 630073, Новосибирск, Россия*

*e-mail: vitalii.a.kuznetsov@gmail.com

Исследование новых функциональных материалов и композитов имеет важное место в области измерений механических величин, таких как сила, давление, деформация и т.п. Исследование фундаментальных свойств таких материалов имеет большое значение. Для измерения механических величин используются тензодатчики, в которых чувствительным материалом являются традиционные полупроводники и металлы. Одним из главных параметров для оценки эффективности тензодатчиков является коэффициент тензочувствительности. Величина коэффициента зависит от природы тензирезистивного эффекта в объемном или пленочном материале. Коэффициент тензочувствительности полупроводниковых материалов может быть на один-два порядка больше по сравнению с металлами, причем коэффициент аморфных и поликристаллических полупроводников в разы меньше по сравнению с монокристаллическими полупроводниками того же состава [1].

В данной работе приведены экспериментальные результаты по исследованию тензочувствительности пленочных и объемных поликристаллических образцов слоистых дихалькогенидов переходных металлов $W_{1-x}Re_xS_2$ ($x = 0, 0.05, 0.10, 0.15$). Поликристаллические порошки исследуемых составов были получены методом высокотемпературного ампульного синтеза. Пленочные образцы были получены напылением на разогретые подложки дисперсий, полученных ультразвуковой обработкой порошков в 35% водно-этанольном растворе; объемные образцы – прессованием порошков при давлении 1,25 ГПа при комнатной температуре. Для измерения коэффициента тензочувствительности были использованы балки равного сопротивления изгибу. Коэффициент тензочувствительности пленочных и объемных образцов равен 13 и 19, соответственно. Для характеристики электронного транспорта в образцах были измерены температурные зависимости проводимости образцов. Для поликристаллических образцов, когда размеры кристаллитов достаточно большие, температурная зависимость проводимости $\sigma(T)$ описывается флуктуационной моделью туннелирования (fluctuation induced tunneling conduction model – FITC) [2]: $\sigma(T) = \sigma_1 \cdot \exp[-T_i/(T+T_s)]$. В данном выражении температура T_i – соответствует энергии, необходимой для перехода электрона между проводящими кристаллитами (фактически такой переход связан с преодолением энергетической щели $\Delta \sim k_B \cdot T_i$), а температура T_s – температура, ниже которой проводимость выходит на насыщение. Оценка эффективной энергии активации была выполнена аппроксимацией экспериментальных данных указанной моделью и дала следующие значения: около 500 мэВ для пленочных образцов и от 150 до 350 мэВ для различных составов объемных образцов.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект №14-13-00674).

- [1] M. Elwenspoek, R. J. Wiegerink, Mechanical microsensors, Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2001)
- [2] P. Sheng, Fluctuation-Induced Tunneling Conduction in Disordered Materials, Physical Review B **21** (1980) 2180-2195

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СВОЙСТВ ТЕРМОЭЛЕКТРИКОВ НА ОСНОВЕ СЛОИСТЫХ ХАЛЬКОГЕНИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Г.Е. Яковлева^{1*}, А.И. Романенко¹, А.С. Бердинский², С. Б. Артемкина¹ и В. Е. Федоров¹

¹Институт неорганической химии им. А. В. Николаева, 630090, Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный технический университет, 630073, Новосибирск, Россия

*e-mail: galina.yakovleva.91@mail.ru

Данная работа посвящена исследованию температурных зависимостей электропроводности и коэффициента Зеебека таких представителей халькогенидов переходных металлов, как диселенид и дисульфид вольфрама. Эти материалы, на основании наших результатов и результатов других работ [1-2], имеют большой коэффициент Зеебека и низкое значение теплопроводности, а также низкое значение электропроводности. Согласно безразмерному параметру добротности, которое определяет эффективность термоэлектрического материала, необходимо, чтобы значение электропроводности было большое. Поэтому целью данной работы было увеличить электропроводность путем частичного замещения атома вольфрама на ниобий. При таком механизме замещения ниобия, который имеет на один электрон меньше на внешней оболочке, возникает некомпенсированный заряд, в результате чего появляются дырочные носители.

В результате замещения, было выявлено, что при добавлении ниобия уменьшается ширина запрещенной зоны, и соответственно электропроводность увеличивается. Для серии образцов $W_{1-x}Nb_xSe_2$ наилучшее изменение электропроводности наблюдалось в $W_{0.85}Nb_{0.15}Se_2$ - на 3 порядка, а в серии образцов $W_{1-x}Nb_xS_2$ наилучшее изменение электропроводности наблюдалось в $W_{0.85}Nb_{0.15}S_2$ - на 4 порядка. Так как при увеличении электропроводности коэффициент Зеебека уменьшался, для оценки влияния замещения был рассчитан фактор мощности $PF=S^2\sigma$, где S – коэффициент Зеебека, σ – коэффициент электропроводности. Результаты расчета представлены на Рис. 1.

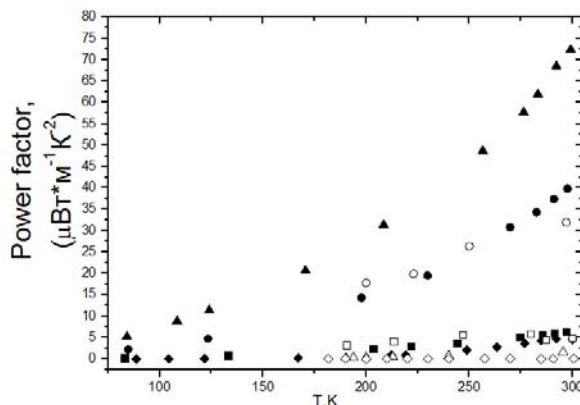


Рис 1. Температурная зависимость фактора мощности для серии образцов $W_{1-x}Nb_xSe_2$ и $W_{1-x}Nb_xS_2$. ♦ - WSe_2 , ■ - $W_{0.85}Nb_{0.15}Se_2$, ● - $W_{0.90}Nb_{0.10}Se_2$, ▲ - $W_{0.95}Nb_{0.05}Se_2$, ◇ - WS_2 , □ - $W_{0.85}Nb_{0.15}S_2$, ○ - $W_{0.90}Nb_{0.10}S_2$, △ - $W_{0.95}Nb_{0.05}S_2$.

Согласно полученным результатам, наилучшее значение фактора мощности имеет состав $W_{0.95}Nb_{0.05}Se_2$. Его значение составило $72 \text{ мкВт} \cdot \text{м}^{-1} \text{К}^{-2}$ при $T=298 \text{ К}$.

- [1] D. Wickramarathe, F. Zahid, Roger K. Lake. Electronic and thermoelectric properties of few-layer transition metal dichalcogenides // The journal of chemical physics 2014 v.140, pp. 1 -37.
[2] S. Kumar and U. Schwingenschogl. Thermoelectric response of bulk and monolayer $MoSe_2$ and WSe_2 // Chemistry of materials 2015, v. 27, pp.1278–1284.

КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПЛЕНОК ОДНОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ПРОЦЕССЕ СИНТЕЗА

Я.А. Брянцев^{1,2,*}, В. Е. Архипов², А. И. Романенко², А. С. Бердинский¹, Окотруб А. В²

¹Новосибирский государственный технический университет, 630073, Новосибирск, Россия

²Институт неорганической химии СО РАН, 630090, Новосибирск, Россия

*e-mail: bryantsev7@mail.ru

В данной работе однослойные углеродные нанотрубки (ОУНТ) были получены способом описанным в [1]. Синтез осуществлялся посредством разложения оксида углерода (СО) насыщенного параами ферроцена ($(C_5H_5)_2Fe$).

Проведены исследования электропроводности пленок однослойных углеродных нанотрубок (ОУНТ) в процессе синтеза Рис. 1. Измерение электропроводности в процессе синтеза позволило контролировать повторяемость результатов и отбирать образцы с

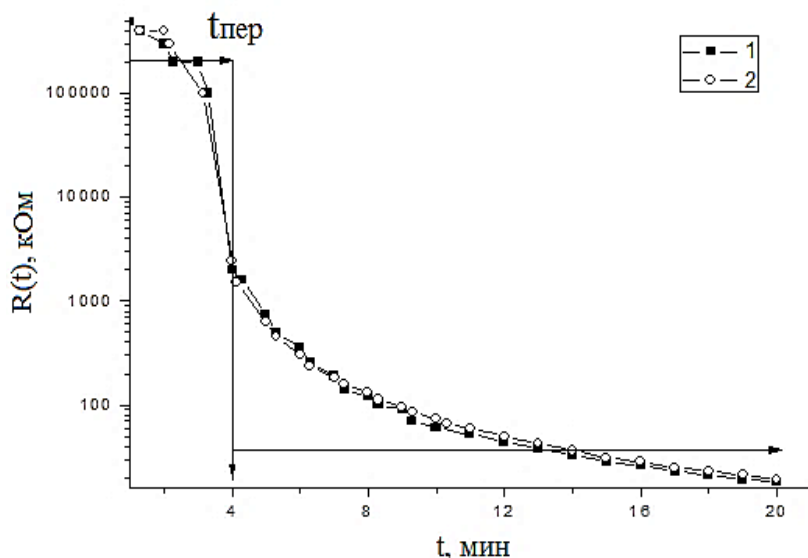


Рис 1. Зависимость сопротивления R пленки ОУНТ от времени $R(t)$. 1,2 — Два синтеза проведенных с одинаковыми параметрами. Совпадение кривых показывает воспроизводимость результатов.

незначительное содержание неупорядоченного вещества. Анализ СЭМ изображений дает среднее значение длины ОУНТ порядка 1 μm .

Исследованы температурные зависимости электропроводности пленок ОУНТ для $t_{\text{синтеза}} = 10 \text{ min}$ и $t_{\text{синтеза}} = 20 \text{ min}$ на полиэстеровой подложке. Температурная зависимость электропроводности $\sigma(T)$ описывается моделью флуктуационно индуцированной туннельной проводимости, что характерно для систем состоящих из достаточно больших кристаллических островков [2].

[1] Nasibulin, A. G., Shandakov, S. D., Timmermans, M. Y., Tolochko, O. E. I. Kauppinen. Synthesis of single-walled carbon nanotubes by aerosol method //Inorganic Materials: Applied Research. – 2011. – Т. 2. – №. 6. – С. 589-595.

[2] P. Sheng. Fluctuation-Induced Tunneling Conduction in Disordered Materials. // Phys. Rev. B 21, 2180 (1980).

нужными значениями сопротивления. Методами

спектроскопии комбинационного рассеяния света, оптической спектроскопии, а также сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, определены структурные и геометрические характеристики продуктов синтеза. ОУНТ имеют разброс по диаметрам от 0.87 до 2.5 nm по данным Рамановских спектров и оптического поглощения. Примерно 2/3 трубок имеют

полупроводниковый характер электропроводности, а 1/3 металлический характер.

Анализ методами СЭМ и ПЭМ показал наличие ОУНТ и

ЭВОЛЮЦИЯ ОПТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ НАНОКОМПОЗИТОВ СЕРЕБРА С СОПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЕЙ АРАБИНОГАЛАКТАН-ОЛИГОПИРРОЛ

А.В. Жмурова^{1*}, Л.Е. Зеленков², Б.Г. Сухов², А.И. Илларионов¹, И.Г. Перетятыко², Р.Ю. Шендрик³

¹*Иркутский государственный университет путей сообщения, 664074, Иркутск, Россия*

²*Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН, 664033, Иркутск, Россия*

³*Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, 664033, Иркутск, Россия*

*e-mail: 2zhannazh2@gmail.com

Одним из важных направлений физики конденсированного состояния является исследование физических свойств неупорядоченных систем. К таким системам относятся также проводящие полимеры, их сополимеры и смеси с другими полимерами, нанокomпозиты на их основе. Поскольку полипиррол, равно как и другие представители класса проводящих полимеров, наравне с полезными свойствами (высокая электропроводность, относительная простота синтеза, хорошая стабильность в окружающей среде) обладает рядом технологически невыгодных свойств (нерастворимость в общих растворителях, неспособность к плавлению и др.), неоднократно предпринимались попытки исключить его недостатки. Решить эту задачу возможно, создавая смеси проводящего полимера с полимерами, потенциально обладающими лучшими свойствами, или синтезируя их сополимеры. Интерес представляет изучение путей синтеза [1], а также исследование свойств нанокomпозитов серебра на базе матрицы-сополимера олигопиррол-арабиногалактан. Арабиногалактан является полисахаридом, получаемым методом водной экстракции из древесины Лиственницы Сибирской, обладает присущей многим полисахаридам растворимостью в воде. Наличие в нанокomпозите наночастиц серебра вследствие ярко выраженных оптических и электропроводящих свойств данного металла и в силу размерных эффектов позволяет ожидать некоторое характерное поведение рассматриваемой системы. Оптические свойства нанокomпозита связаны с явлением поверхностного плазмонного резонанса (ППР), проявляющимся в избирательном поглощении наноразмерным металлом внешнего излучения оптического диапазона.

В докладе представлены результаты исследования изменения во времени оптического поглощения порошков нанокomпозитов серебра с сополимерной матрицей олигопиррол-арабиногалактан. Такое исследование сопряжено с необходимостью получения объектов со стабильными свойствами. Матрица образцов включала олигопиррольные ветви разной длины (1 и 3 звена). Измерения нанокomпозита с длиной ветвей олигопиррола в одно звено проводили 4 раза в течение 9 месяцев. Максимумы ППР приходились на 426 и 482 нм соответственно. Интенсивность полосы поглощения ППР наночастиц серебра убывала со временем, что могло быть вызвано укрупнением наночастиц за счет их коалесценции. Максимумы оптического поглощения при 236 нм и 294 нм связаны с присутствием в матрице арабиногалактана.

- [1] И.Г. Перетятыко, Л.Е. Зеленков, Б.Г. Сухов, Теоретическая и экспериментальная химия глазами молодежи: тез. докл. Всерос. науч. конф., посвящ. 80-летию хим. фак. ИГУ, Иркутск (2013). 126-127.

ВЛИЯНИЕ СПИН-ПЕРЕОРИЕНТАЦИОННОГО ПЕРЕХОДА НА РЕДКОЗЕМЕЛЬНУЮ ПОДСИСТЕМУ В ОРТОФЕРРИТЕ YbFeO_3

С.Е. Никитин^{1,2*}, К.А. Шайхутдинов¹, А.А. Подлесняк³, L.Wu³, E Pomjakushina⁴ and K. Conder⁴

¹ *Институт физики СО РАН имени Л.В. Киренского, Красноярск, Россия*

² *Сибирский Федеральный Университет, Красноярск, Россия*

³ *Quantum Condensed Matter Division, OakRidge National Laboratory, OakRidge, USA*

⁴ *Paul Sherrer Institute, CH-5232 Villigen PSI, Switzerland*

*e-mail: nikitin.stas.92@mail.ru

В данной работе представлены результаты изучения влияния спин-переориентационного перехода на магнитную динамику монокристалла YbFeO_3 .

Амплитуда и форма магнитных ветвей железной подсистемы остаются неизменными, несмотря на спин-переориентационный переход, однако при этом происходит перераспределение интенсивностей данных ветвей. Подсистема железа с хорошей точностью описывается с применением подхода, развитого в работе [1]. Детальное исследование поляризационного фактора магнитного рассеяния, а также измерения намагниченности и расчеты в модели кристаллического поля показали, что направления спинов Yb^{3+} не меняется при спин-переориентационном переходе, однако в момент перехода меняется направление молекулярного поля, действующего на спины Yb^{3+} .

В экспериментах с энергией падающего пучка $E=3\text{мэВ}$ было обнаружено магнитное возбуждение имеющее форму континуума в направлении $(0,0,L)$ и бездисперсионное в направлениях $(H,0,0)$ и $(0,K,0)$, причем форма, интенсивность и положение данного возбуждения зависит от направления и величины магнитного поля. Данный спектр хорошо описывается в одномерной модели Изинга-Гейзенберга с общим Гамильтонианом

$$H = J \sum_{\langle i,j \rangle} (S_i^z S_j^z + \varepsilon (S_i^y S_j^y + S_i^x S_j^x)) - H^z \sum_i S_i^z - \frac{1}{2} H^x \sum_i (S_i^+ + S_i^-)$$

где первый член соответствует обменному взаимодействию, а второй и третий члены - энергии продольного и поперечного магнитного поля.

- [1] Hahn, S. E., Podlesnyak, A. A., Ehlers, G., Granroth, G. E., Fishman, R. S., Kolesnikov, A. I., ... & Conder, K. (2014). Inelastic neutron scattering studies of YFeO_3 . *Physical Review B*, 89(1), 014420.

МАГНИТОСТРИКЦИЯ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО МОНОКРИСТАЛЛА HoMnO_3

Н.С. Павловский*, А.А. Дубровский, К.А. Шайхутдинов, К.Ю. Терентьев.

Институт физики им. Л. В. Киренского СО РАН, 660036, Красноярск, Россия

*e-mail: mik01a@yandex.ru

Гексагональные манганиты RMnO_3 (R – редкоземельный ион) являются достаточно перспективными структурами для разработки на их основе новых функциональных материалов. Особый интерес вызывает сосуществование антиферромагнитного и сегнетоэлектрического порядка, что является существенной причиной дальнейшего изучения магнитных свойств данных соединений. HoMnO_3 является типичным представителем данного семейства гексагональных манганитов и в настоящее время достаточно активно изучается его гексагональная фаза.

Магнитная фазовая диаграмма HoMnO_3 также была хорошо изучена ранее¹. Ниже температуры магнитного упорядочения $T_N=72$ К, HoMnO_3 упорядочивается в неколлинеарную 120° спиновую структуру с магнитной симметрией $R\bar{6}_3cm$. В температуре переориентации спинов $T_{sp}=40$ К, моменты марганца поворачиваются в плоскости, изменяя магнитную симметрию к $R\bar{6}_3cm$, также существует еще один спин-переориентационный переход моментов Mn в температуре близкой к 4 К.

В данной работе был синтезирован монокристалл гексагонального замещенного манганита лантана HoMnO_3 методом оптической зоной плавки на четырехзеркальной печи FZ-4000 Crystal System Corp. Из полученного стержня был вырезан образец в форме куба, сориентированный по основным кристаллографическим осям. Были проведены измерения зависимостей намагниченности от температуры на вибрационном магнитометре в диапазоне температур от 4.2 до 150 К вдоль основных кристаллографических осей. Так же был измерен эффект магнитострикции в температурном интервале от 4.2 до 100 К, и при приложенных магнитных полях вплоть до 14 Т. Данный эффект был измерен вдоль всех кристаллографических осей в различных конфигурациях направления приложенного магнитного поля и направления эффекта магнитострикции (продольная и поперечная магнитострикция).

Поведение эффекта магнитострикции показало большое количество особенностей, наблюдаемых в различных температурах и конфигурациях поле – стрикция, в том числе: немонотонность и смена знака стрикции. Причем, поведение эффекта магнитострикции в температурах ниже спин-переориентационного перехода ионов Mn хорошо коррелирует с магнитной фазовой диаграммой HoMnO_3 .

Но, т.к. в исходном соединении присутствовало 2 магнитных подсистемы (4f и 3d элементов), было решено синтезировать образец замещенного гексагонального манганита лантана с замещением на немагнитный ион в редкоземельной подсистеме с целью выяснить влияние 4f подсистемы на поведение эффекта магнитострикции.

Для этой цели был синтезирован образец YMnO_3 с немагнитной 4f подсистемой, на котором также были проведены измерения эффекта магнитострикции. Результаты измерений показали, что само значение магнитострикции стало меньше на порядок и пропали все особенности характерные для HoMnO_3 . Отсюда можно сделать вывод о том, что главную роль в магнитострикционных свойствах играют ионы Ho.

[1] F. Yen, C. dela Cruz, B. Lorenz, E. Galstyan, Y.Y. Sun, M. Gospodinov, C.W. Chu. (2007), J. Mater. Res., Vol. 22, No. 8

ВЛИЯНИЕ АНИЗОТРОПИИ НА ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА СЛОИСТОГО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СВЕРХПРОВОДНИКА С МАГНИТНЫМИ И НЕМАГНИТНЫМИ ПРОТЯЖЕННЫМИ ДЕФЕКТАМИ

В.А. Кашурников, А.Н. Максимова*, И.А. Руднев, Д.С. Одинцов

¹Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
115409, Москва, Россия

*e-mail: nastymaksimova@yandex.ru

Методом Монте-Карло в рамках трехмерной модели слоистого ВТСП (модели Лоренса-Дониака) выполнены расчеты намагниченности сверхпроводника с реальными граничными условиями при различной величине параметра анизотропии. Для учета межплоскостного взаимодействия использованы выражения, полученные в работах [1,2]. Проанализировано влияние анизотропии γ и типа дефектов на проникновение магнитного потока с границы. Исследовано влияние наклонных колумнарных дефектов на намагниченность (рис. 1) и критический ток. Для ферромагнитных дефектов с переменной намагниченностью показано сохранение S – образной особенности ВАХ [3] в трехмерном случае (рис. 2). Изучено влияние концентрации магнитных дефектов. Показано, что определяющим фактором для появления особенности является расстояние между дефектами в направлении, перпендикулярном направлению входа вихрей. Результаты расчетов в отдельных случаях согласуются с результатами других известных исследований [4].

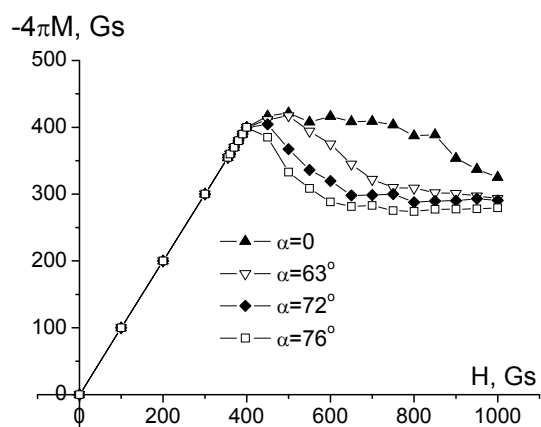


Рис 1. Кривые намагниченности ВТСП с наклонными дефектами. α – угол наклона дефекта по отношению к оси c . Направление наклона дефектов совпадает с направлением входа вихрей в образец.

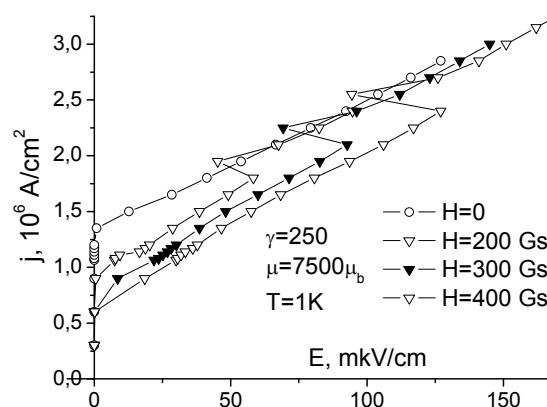


Рис 2. Вольт-амперные характеристики ВТСП с ферромагнитными дефектами. μ – магнитный момент дефекта в единицах магнетона Бора.

Работа выполнена при поддержке РНФ, грант №14-22-00098.

- [1] S. Tyagi and Y.Y. Goldschmidt, (2004), Phys. Rev. B 70, 024501
- [2] Y.Y. Goldschmidt and S. Tyagi, (2005), Phys. Rev. B 71, 014503
- [3] V.A. Kashurnikov, A.N. Maksimova, I.A. Rudnev, D.S. Odintsov, (2015), Physics Procedia 65, 97 – 100
- [4] Kalta, A. Pattanaik, P. Nayak, K.K. Nanda, Physica C 471, 1664–1668 (2011)

ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЕ ДВУМЕРНЫХ СЛОИСТЫХ ВТСП С ПРИМЕСЯМИ

А.Н. Мороз^{*}, А.Н. Максимова, В.А. Кашурников, И.А. Руднев

Национальный Исследовательский
Ядерный Университет «МИФИ», 115409,
Москва, Россия

*e-mail: moroz.anna@hotmail.com

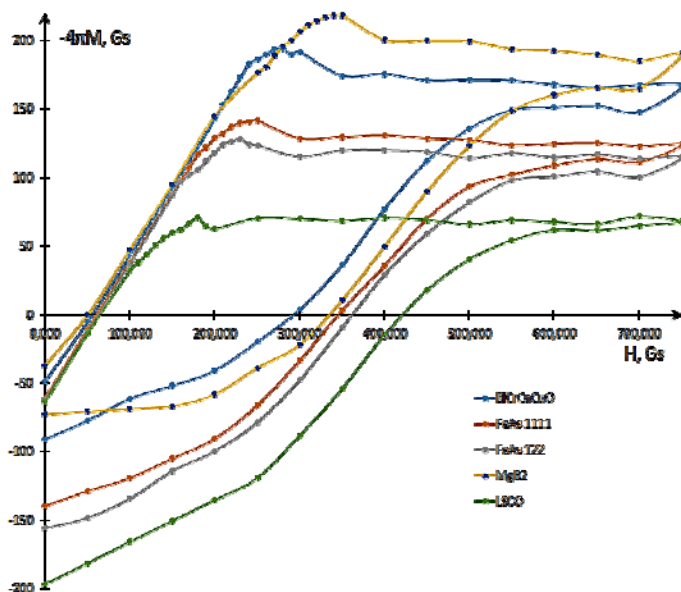


Рис 1. Намагниченности сверхпроводящих образцов с 700 дефектами

При помощи метода математического моделирования на основе метода Монте-Карло в рамках модели слоистого ВТСП [1] проведены расчеты поведения намагниченности сверхпроводников второго рода в зависимости от внешнего магнитного поля. Получены кривые намагниченности образцов наиболее известных сверхпроводящих материалов (YBCO, MgB₂, Bi₂Sr₂CaCu₂O₈, FeAs, LaSrCuO₄). Параметры для моделирования выбраны в соответствии с экспериментально найденными [2] характеристиками различных сверхпроводников (Табл. 1).

Исследовано влияние концентрации и конфигурации дефектов, а также температуры образца на процессы перемангничивания. Приведены кривые намагниченности для пяти сверхпроводящих образцов с числом дефектов, равным 200, 400, 500 и 700, расположенных по образцу случайным образом.

Оценена зависимость величины остаточной намагниченности от концентрации дефектов, а также от характерных длин сверхпроводника. Определены образцы с наилучшими и наихудшими пиннинговыми свойствами.

Приведены оценки минимальных величин концентраций дефектов, при которых начинает появляться остаточная намагниченность.

Проведены исследования влияния неоднородного поля дефектов на процессы перемангничивания образцов.

Табл. 1 Параметры ВТСП

Материал		T_c , К	λ , нм	ξ , нм
FeAs	1111	55	200	2.5
	122	38	200	3
	11	16	500	1.5
YBa ₂ Cu ₃ O ₇		93	120	2.2
			140	1,7
MgB ₂		39	50	10
			140	5.2
La _{2-x} Sr _x CuO ₄		40	250	3.2
Bi ₂ Sr ₂ CaCu ₂ O ₈		84	180	2

[1] В.А. Кашурников, И.А. Руднев, М.В. Зюбин. ЖЭТФ 121, вып. 2, стр 442-452 (2002)

[2] I. Pallicchi et al., Physica C 482, 68-73 (2012)

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСНОГО РАССЕЯНИЯ НА СПИН-РЕЗОНАНСНЫЙ ПИК В СОЕДИНЕНИЯХ ЖЕЛЕЗА

В.А. Шестаков^{1*}, М.М. Коршунов^{1,2}

¹Сибирский федеральный университет, 660041, Красноярск, Россия

²Институт физики им. Л. В. Киренского СО РАН, 660036, Красноярск, Россия

*e-mail: solar-05@mail.ru

Рассмотрен спиновый отклик в сверхпроводящем состоянии в пниктидах железа. В четырёхзонной модели, аналогично работе [1], в мнимой части спиновой восприимчивости получен спин-резонансный пик на частоте ω_s (изображён чёрной сплошной линией на Рис.1). Этот пик возникает в сверхпроводящем состоянии с $s_{\pm}$ симметрией параметра порядка благодаря различным знакам щели на разных волновых векторах. Поскольку спин-резонансный пик отсутствует для s_{++} и d -типов параметра порядка, его экспериментальное наблюдение [2,3] свидетельствует в пользу $s_{\pm}$ симметрии щели в пниктидах железа.

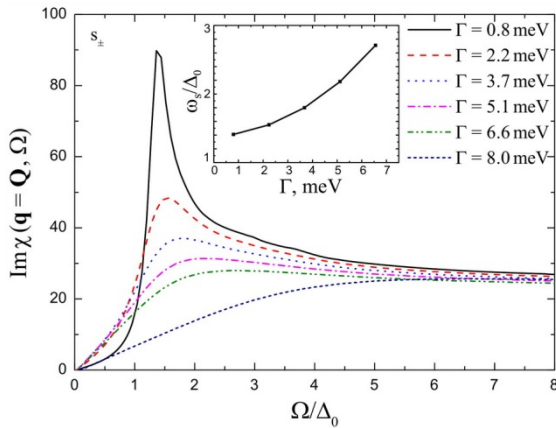


Рис 1. Зависимость ширины спин-резонансного пика от примесного рассеяния, контролируемого параметром Γ . На вставке: смещение частоты спинового резонанса ω_s с увеличением беспорядка.

увеличения параметра Γ мы симулируем увеличение беспорядка в системе. Такое приближение позволяет качественно оценить характер рассеяния на примесях без учёта частотной и импульсной зависимостей.

Добавление статической собственно-энергетической части привело к существенному увеличению ширины спинового резонанса (Рис. 1) и увеличению частоты ω_s (Рис. 1, вставка). Причём, как показывает Рис. 1, чем выше концентрация примесей, тем сильнее сдвигается частота спинового резонанса в сторону больших энергий [4]. Полученные данные хорошо согласуются с результатами расчётов в более простой двузонной модели [5], в которой, однако, более детально рассматривается рассеяние на примесях.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 16-02-00098 и Государственной поддержке ведущих научных школ НШ-7559.2016.2.

- [1] M. M. Korshunov, I. Eremin, Phys. Rev. B **78**(14), 509 (2008)
- [2] D. S. Inosov et al, Nature Physics **6**, 178 (2010)
- [3] A. D. Christianson et al, Nature **456**, 930 (2008)
- [4] Yu.N. Togushova, V.A. Shestakov, M.M. Korshunov, J. Low Temp. Phys. DOI 10.1007/s10909-016-1577-x (2016)
- [5] S. Maiti, J. Knolle, I. Eremin, A.V. Chubukov, Phys. Rev. B **84**(14), 524 (2011)

ЭФФЕКТИВНЫЕ МНОГОЦЕНТРОВЫЕ СПИН-СПИНОВЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В s-d(f)-МОДЕЛИ

К.К. Комаров^{1*}, Д.М. Дзедзисашвили¹

¹Институт физики им. Л. В. Киренского СО РАН, 660036, Красноярск, Россия

*e-mail: constlike@gmail.com

Регулярная модель Кондо или s-d(f)-обменная модель широко используется для описания многоэлектронных (корреляционных) эффектов в металлах (и их соединений) с незаполненными d- и f-оболочками. Корреляционные эффекты, обусловленные s-d(f)-обменной связью (с константой связи J) между спиновыми моментами коллективизированных s- и локализованных d(f)-электронов могут приводить к появлению дальнего магнитного порядка. Известное РККИ взаимодействие^{1,2} возникает во втором порядке по J.

В данной работе показано, что описание спиновой подсистемы в модели Кондо решетки можно осуществить в рамках эффективного чисто спинового гамильтониана. С этой целью разрабатывается общая методика получения многоцентровых спин-спиновых взаимодействий в произвольном порядке по константе J.

Задача решается путем интегрирования фермиевских степеней свободы при использовании диаграммной техники для мацубаровских функций Грина. В результате спиновая функция Грина представляется в виде:

$$-\langle T_{\tau} \bar{S}(x) \bar{S}(x') \mathfrak{S}(\beta) \rangle_0, \quad x = \{f, \tau\},$$

где $\beta = 1/T$, τ – мацубаровское время. При этом температурная матрица рассеяния $\mathfrak{S}(\beta)$ получается в виде:

$$\mathfrak{S}(\beta) = T_{\tau} \exp\{-\Omega\}, \quad \Omega = \sum_{n=1}^{\infty} \Omega_n,$$

где Ω – эффективное действие, описывающее спин-спиновые взаимодействия в произвольном n-ом порядке по константе связи J.

Эффективное действие второго порядка Ω_2 в статическом приближении воспроизводит результат РККИ^{1,2}. Существенным преимуществом предлагаемого подхода является возможность выйти за рамки статического приближения и учесть эффекты запаздывания обменного взаимодействия. В работе анализируются так же вклады 3-его и 4-ого порядков.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ 15-42-04372.

[1] K. Yosida, Physical Review, **106**, 893 (1954)

[2] T. Kasuya, Progress of Theoretical Physics, **16**, 45 (1956)

СИЛЬНО КОРРЕЛИРОВАННЫЕ УЛЬТРАХОЛОДНЫЕ БОЗЕ-АТОМЫ В ДВУМЕРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ РЕШЁТКЕ

К.И. Кудашкин^{1*}, С.В. Николаев^{1,2}

¹Сибирский федеральный университет, 660041, Красноярск, Россия

²Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, 660036, Красноярск, Россия

*e-mail: over9000nd@gmail.com

В последнее время появилось множество экспериментальных работ по исследованию ультрахолодных атомов, пойманных в пространственную оптическую решётку. Система ультрахолодных атомов в оптической решётке представляет огромный интерес для физики конденсированного состояния вещества, т.к. она является аналогом кристаллической структуры, и мы получаем реальный квантовый симулятор, позволяющий моделировать экспериментально кристаллическую решётку практически с любыми параметрами. На её основе можно исследовать различные явления, например квантовый эффект Холла [1], моделировать физические системы. В частности, существует прямая возможность исследовать различные типы одной из основных моделей в теории сильно коррелированных систем – модели Хаббарда.

В настоящей работе мы исследуем спектральные свойства сильно коррелированных бозонов в рамках модели Бозе-Хаббарда [1]. Для точного учёта ближних пространственных корреляций мы используем развиваемую нами кластерную теорию возмущений в представлении Х-операторов Хаббарда [2]. Мы построили фазовую диаграмму (Рис. 1), которая качественно согласуется с результатами, полученными более точными методами [3]. Также нами рассчитаны и проанализированы законы дисперсий, распределения частиц по импульсам и плотности состояний с учётом спектрального веса квазичастиц при различных параметрах модели.

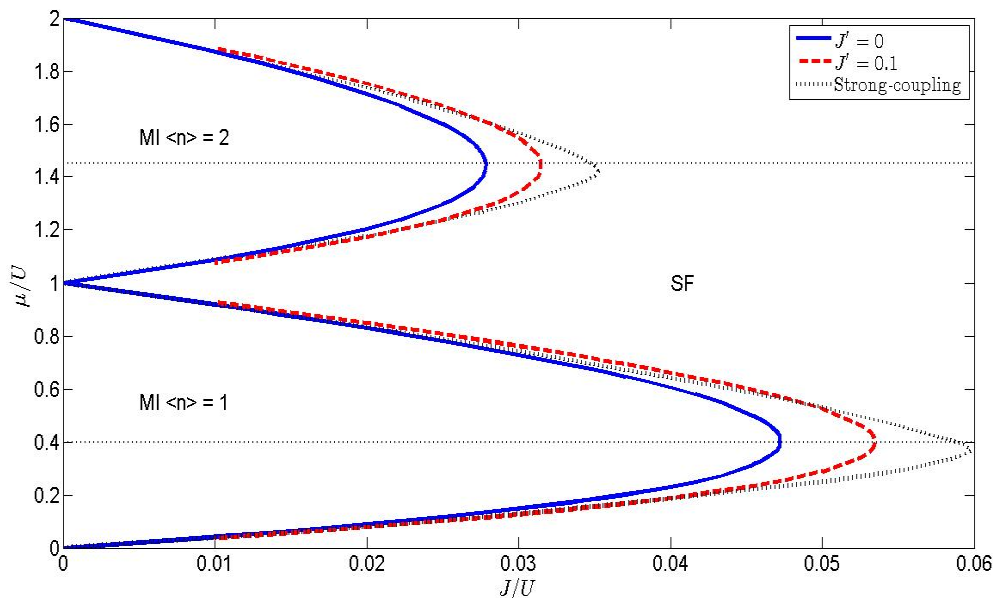


Рис. 1. Фазовая диаграмма перехода из состояния мотовского изолятора (MI) в сверхтекучее состояние (SF) в рамках модели Бозе-Хаббарда при перескоке между вторыми соседями $J' = 0$ и 0.1 . Точечная кривая получена в работе [3] в рамках Strong-coupling expansion.

[1] I. Bloch, J. Dalibard, W. Zwerger, Rev. Mod. Phys. **80**, 885 (2008)

[2] С.В. Николаев, С.Г. Овчинников, ЖЭТФ **138**, 717 (2010)

[3] N. Elstner, H. Monien, Phys. Rev. B **59**, 12184 (1999)

МАГНИТНОЕ ПОВЕДЕНИЕ МОНОКРИСТАЛЛОВ $\text{Co}_{3-x}\text{Fe}_x\text{BO}_5$ ПРИ ЗАМЕЩЕНИИ $x = 0.10$

**Ю.В. Князев^{1,2}, М.С. Платунов², Н.В. Казак², Д.А. Великанов^{1,2}, Л.Н. Безматерных²,
С.Г. Овчинников^{1,2}**

¹Сибирский федеральный университет, 660041, Красноярск, Россия

²Институт физики им. Л. В. Киренского СО РАН, 660036, Красноярск, Росси

*e-mail: yuvknyazev@mail.ru

Оксибораты со структурой людвигита имеют общую формулу $\text{M}^{2+}_2\text{M}^{3+}\text{BO}_5$. Пространственная группа симметрии $P6_{3m}$, тип кристаллической решётки – орторомбический. Кристаллическая структура людвигитов содержит низкомерные элементы в виде зигзагообразных стенок с неэквивалентными кристаллографическими позициями переходных ионов [1]. Исследования монокристаллов Co-Fe людвигитов продемонстрировали близость их магнитного поведения Fe_3BO_5 , несмотря на преобладание ионов Co [2]. В связи с этим является актуальной задача определения критической концентрации ионов Fe в структуре людвигита, при которой происходит разделение на две независимые подрешётки. Для этого были синтезированы монокристаллы $\text{Co}_{3-x}\text{Fe}_x\text{BO}_5$ ($x = 0.10$).

Таблица 1. Магнитные параметры и температуры магнитных переходов $\text{Co}_{3-x}\text{Fe}_x\text{BO}_5$ ($x = 0.10$) в сравнении с Co_3BO_5 и Co_2FeBO_5 .

	Направление	θ , К	μ_{eff} , $\mu_B/\text{ион}$	μ_S , μ_B	T_C , T_N	Ссылка
Co_3BO_5	b	1.2	4.26	4.24	42	[2]
	a, c	-153.8	4.01			
$\text{Co}_{2.90}\text{Fe}_{0.10}\text{BO}_5$	a	-140	4.61	4,28	63, 80	Н.р.
	b	-56	4.58			
	c	-75	1.61			
Co_2FeBO_5	a	-89	3.65	4,65	70, 115	[2]
	b	12,4	4.02			
	c	-417	4.33			

$\text{Co}_{3-x}\text{Fe}_x\text{BO}_5$ ($x = 0.10$) испытывает антиферромагнитное упорядочение при $T_N = 78$ К (см. таблицу 1). При этом температура перехода относительно Co_3BO_5 увеличивается практически вдвое, а сильная магнитная анизотропия типа «лёгкая ось» (ось b) сохраняется. Так как катионы железа предпочитают две неэквивалентные позиции 2 и 4 [3], то значительное увеличение температуры перехода связано с усилением магнитных взаимодействий в этой подрешётке. Однако, магнитная система ввиду малого содержания Fe^{3+} ещё не испытывает разбиения на две независимые магнитные подрешётки, как это наблюдалось в Co_2FeBO_5 [2].

Работа выполнена частично при финансовой поддержке РФФИ (№ 16-32-60049 мол_а_дк, № 16-32-00206 мол_а), совета по грантам Президента РФ (СП-938.2015.5, НШ-7559.2016.2), программы «УМНИК», а также КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности».

[1] R. Norrestam, M. Kritikos, K. Nielsen et. al., J. Solid State Chem. **111**, P.217 (1994)

[2] N.B. Ivanova, N.V.Kazak, Yu.V. Knyazev и др. ЖЭТФ, Том 113, Вып. 6, Стр. 1015-1024 (2011)

[3] Ю.В. Князев, Н.Б. Иванова, О.А. Баяков и др. ФТТ, Том 55, Вып. 6, Стр.1175-1179 (2013)

СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ ПРИКЛАДНОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ

И.Л. Дерягина^{1*}, Е.Н. Попова¹

¹Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, 620990, Екатеринбург, Россия

*e-mail: deryagina@mail.ru

В докладе представлены основные результаты развития индустрии сверхпроводящих материалов для прикладных целей, включая историю прикладной сверхпроводимости, особенности структуры сверхпроводящих материалов, связь структурных характеристик с критическими характеристиками сверхпроводника, влияние условий термообработки на структуру Nb₃Sn слоев «бронзовых» и ВИП-сверхпроводников. В докладе также дан обзор основных требований к транспортным характеристикам проводов как на основе низкотемпературных сверхпроводников, так и многослойных лент на основе высокотемпературных (ВТСП) сверхпроводящих материалов. Представленные в докладе сверхпроводящие провода разрабатываются для современных проектов физики высоких энергий - ускорителей элементарных частиц и термоядерных реакторов - таких как, Интернациональный термоядерный реактор (ИТЭР, Франция), ускоритель Большого адронного коллайдера (Швейцария) и др. Доклад основан на результатах ранее опубликованных авторами работ, а также на материалах Европейской конференции по прикладной сверхпроводимости (EUCAS 2015, Франция, Лион) и Национальной конференции по прикладной сверхпроводимости НКПС 2015, Россия, Москва) [1-5].

Работа выполнена на образцах, изготовленных в ОАО ВНИИНМ. Исследование проведено на оборудовании ЦКП ИФМ УрО РАН, в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Кристалл» № 01201463333) при частичной поддержке УрО РАН (проект № 15-17-2-11).

- [1] E.N. Popova, I.L. Deryagina, Diffusion Foundations, **5**, 199 (2015)
- [2] V. Pantsyrny, A. Shikov, A. Vorobieva, Cryog., **48**, 354 (2008)
- [3] I.L. Deryagina, E.N. Popova, E.P. Romanov, E.A. Dergunova, A.E. Vorob'eva, S.M. Balaev, Phys. Metal. Metallogr., **113** (4), 391 (2012)
- [4] E.N. Popova, I.L. Deryagina, E.G. Valova-Zaharevskaya, Cryogenics, **63**, 63 (2014)
- [5] И.Л. Дерягина, Е.Н. Попова, Е.П. Романов, Вестник ОГУ, **68** (2), 57 (2013)

