

Заключение диссертационного совета Д 002.098.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики микроструктур Российской академии наук по диссертации Самохвалова Алексея Владимировича «Неоднородные состояния и интерференционные явления в гибридных сверхпроводящих системах» на соискание ученой степени доктора физико-математических наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 18 июня 2015 года №

О присуждении Самохвалову Алексею Владимировичу, гражданство Российская Федерация, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Неоднородные состояния и интерференционные явления в гибридных сверхпроводящих системах» по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния принята к защите 16 марта 2015 г., протокол № 2 диссертационным советом Д 002.098.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики микроструктур Российской академии наук, 607680, ул. Академическая, д. 7, д. Афонино, Нижегородская обл., Кстовский район, Россия, приказ № 105/нк от 11.04.2012г.

Соискатель Самохвалов Алексей Владимирович 1961 года рождения, защитил в 1998 г. диссертацию «Кольцевые вихри в ограниченных сверхпроводниках» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (диплом КТ № 054584), работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт физики микроструктур Российской академии наук в должности старшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена в отделе физики сверхпроводников (120 отдел) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики микроструктур Российской академии наук.

Научный консультант – доктор физико-математических наук, Мельников Александр Сергеевич, заведующий лабораторией 122 Теории мезоскопических систем.

Официальные оппоненты:

Арсеев Петр Иварович доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, заведующий сектором теории твердого тела Отделения теоретической физики им. И.Е. Тамма;

Рязанов Валерий Владимирович доктор физико-математических наук, профессор, Институт физики твердого тела РАН, заведующий лабораторией сверхпроводимости;

Тагиров Ленар Рафгатович доктор физико-математических наук, профессор, Казанский федеральный университет, заведующий кафедрой физики твердого тела дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Казанский физико-технический институт им. Е.К.Завойского Казанского научного центра Российской академии наук, г. Казань, в своем положительном заключении, подписанным Тейтельбаумом Григорием Бенционовичем (доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией физики перспективных материалов) и Гарифуллиным Ильгизом Абдулсаматовичем (доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории физики перспективных материалов), указала, что «диссертация Самохвалова А.В. представляет собой оригинальное и завершённое исследование физики сверхпроводящих гибридных систем», а «результаты исследований и выводы, представленные в диссертации, являются полезным вкладом в физику систем, в которых реализуется неоднородное сверхпроводящее состояние».

Соискатель имеет 94 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации - 53 работы, опубликованных в рецензируемых научных журналах – 22. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. A. V. Samokhvalov, A. Mel'nikov, A. Buzdin, Vortex States Induced by Proximity Effect in Hybrid Ferromagnet-Superconductor Systems, Phys. Rev. B 76, 184519 (2007). Вклад соискателя - 60%.
2. A. S. Mel'nikov, A. V. Samokhvalov, M. N. Zubarev, Electronic structure of vortices pinned by columnar defects, Phys. Rev. B 79, 134529 (2009). Вклад соискателя - 60%.
3. A. S. Mel'nikov, A. V. Samokhvalov, S. M. Kuznetsova, A. I. Buzdin, Interference Phenomena and Long-Range Proximity Effect in Clean Superconductor–Ferromagnet Systems, Phys. Rev. Lett. 109, 237006 (2012). Вклад соискателя - 50%.
4. A. V. Samokhvalov, A. I. Buzdin, R. I. Shekhter, Stimulation of a Singlet Superconductivity in SFS Weak Links by Spin-Exchange Scattering of Cooper Pairs, Scientific Reports 4, 05671 (2014). Вклад соискателя - 60%.
5. A. V. Samokhvalov, Current-phase relation in a Josephson junction coupled with a magnetic dot, Phys. Rev. B 80, 134513 (2006). Вклад соискателя - 100%.

6. А. В. Самохвалов, Эффекты соизмеримости в туннельном джозефсоновском переходе в поле массива магнитных частиц, ЖЭТФ 131, 500 (2007). Вклад соискателя - 100%.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

- отзыв из Научно-Исследовательский института ядерной физики им. Д.В. Скобельцына Московского Государственного университета им.М.В.Ломоносова (НИИЯФ МГУ) от главного научного сотрудника НИИЯФ МГУ, доктора физико-математических наук Куприянова Михаила Юрьевича. Отзыв положительный и не содержит замечаний.

- отзыв из университета «Tor Vergata» (Рим, Италия) от профессора, доктора физико-математических наук Варламова Андрея Андреевича. Отзыв положительный и не содержит замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области исследований, которые соответствуют тематике диссертации А.В. Самохвалова, что подтверждается их публикациями в рецензируемых изданиях. Арсеев Петр Иварович доктор физико-математических наук, чл.-корр. РАН является известным специалистом в области теории твердого тела, физики неупорядоченных и неоднородных систем, сильно коррелированных систем, включая сверхпроводники. Доктор физико-математических наук, профессор Рязанов Валерий Владимирович широко известен своими пионерскими работами по изучению джозефсоновских переходов с ферромагнитным барьером. Доктор физико-математических наук, профессор Тагиров Ленар Рафгатович является одним из авторов основополагающих работ по теории гибридных систем сверхпроводник-ферромагнетик с эффектом близости. Выбор ведущей организации обоснован тем, что она широко известна своими достижениями в области физики конденсированного состояния (специальность 01.04.07), в частности, в области физики сверхпроводимости и гибридных структур ферромагнетик-сверхпроводник-ферромагнетик.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. доказана возможность формирования в слоистых сверхпроводниках нового типа вихревых структур – вихревых кластеров (молекул) и многоквантовых решеток вихрей;

2. доказано существование запрещенной области (минищели) вблизи уровня Ферми в спектре подщелевых квазичастичных возбуждений в вихре Абрикосова, который захвачен в цилиндрической непроводящей полости;
3. установлена связь между микроскопическими и макроскопическими проявлениями пиннинга вихря Абрикосова и предложена модель депиннинга (срыва) вихря внешним током, учитывающая качественные изменения вида спектра подщелевых квазичастичных возбуждений в вихре Абрикосова;
4. доказано существование инициируемых обменным полем фазовых переходов между неоднородными состояниями с различным значением орбитального момента в неодносвязных гибридных структурах сверхпроводник–ферромагнетик с эффектом близости и мезоскопических сверхпроводниках в фазе Ларкина–Овчинникова–Фульде–Феррелла;
5. доказано существование фазового перехода первого рода между 0 и π сверхпроводящими состояниями трехслойной диффузной структуры сверхпроводник–ферромагнетик–сверхпроводник с тонкими сверхпроводящими слоями, при котором эффективная глубина проникновения магнитного поля в сверхпроводник резко увеличивается с понижением температуры;
6. доказана возможность формирования мелкомасштабной (на масштабе существенно меньшем джозефсоновской длины) фазовой неоднородности в джозефсоновских переходах полем однодоменных ферромагнитных частиц и развита теория джозефсоновского транспорта в таких гибридных системах;
7. предложены новые механизмы дальнего действия синглетного джозефсоновского транспорта в баллистических структурах сверхпроводник–ферромагнетик–сверхпроводник.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

1. изложены результаты, которые вносят существенный вклад в понимание физических особенностей формирования и свойств неоднородных сверхпроводящих состояний в гибридных системах с эффектом близости;
2. изучены свойства потенциала парного взаимодействия наклонных вихрей и деформированных вихревых нитей в тонких пленках слоистого сверхпроводника и раскрыты особенности наблюдений вихревых структур в высокотемпературных сверхпроводниках;
3. изложена микроскопическая модель пиннинга/депиннинга вихря Абрикосова в мезоскопической цилиндрической полости и дано объяснение высоким значениям критического тока, который необходим для срыва вихря с центра пин-

- нинга с характерным размером меньше или порядка сверхпроводящей длины когерентности;
4. раскрыта причина обнаруженного в эксперименте резкого увеличения эффективной глубины проникновения магнитного поля при понижении температуры трехслойной диффузной структуры сверхпроводник–ферромагнетик–сверхпроводник и установлена связь данного явления с $0-\pi$ фазовым переходом первого рода;
 5. раскрыты причины возникновения наблюдаемых резонансных пиков на зависимости от внешнего магнитного поля критического тока джозефсоновского контакта, помещенного в поле однодоменных ферромагнитных частиц;
 6. предложен механизм дальнего действия в однородных баллистических структурах сверхпроводник–ферромагнетик, основанный на зависимости обменного поля ферромагнетика от направления импульса квазичастицы.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

1. предложены новые способы управления критическим током и ток–фазовой зависимостью джозефсоновских систем сверхпроводник–ферромагнетик–сверхпроводник;
2. представлены доказательства того, что гибридная структура, состоящая из джозефсоновского перехода и магнитосвязанной с ним однодоменной ферромагнитной частицей, допускает реализацию контакта с инвертированной ток–фазовой зависимостью (π контакта);
3. представлены доказательства возможности эффективного управления дальнедействующим транспортом в баллистических гибридных структурах сверхпроводник–ферромагнетик–сверхпроводник при помощи магнитного зонда, создающего неоднородность обменного поля;
4. определены перспективы использования связи между электронными и механическими степенями свободы в баллистической структуре сверхпроводник–ферромагнетик–сверхпроводник, управляемой магнитным зондом, для создания наноэлектромеханических устройств.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

1. полученные в работе результаты основаны на стандартных хорошо апробированных теоретических подходах и моделях;

2. установлено хорошее количественное совпадение результатов аналитических и численных расчетов автора и согласие авторских результатов с результатами, представленных в независимых источниках в условиях, когда такое сопоставление возможно;
3. результаты, полученные автором, своевременно опубликованы в ведущих физических журналах и обсуждались на престижных международных конференциях.

Личный вклад автора является определяющим при получении всех результатов, представленных в диссертационной работе, в том числе при постановке и решении теоретических задач, при обсуждении полученных результатов и их интерпретации. А.В.Самохваловым лично были выполнены все численные расчеты, представленных в диссертации задач. В работах, выполненных совместно с экспериментаторами, автору принадлежит теоретическая часть: развитие теоретических моделей, концепций и подходов, анализ экспериментальных результатов, и численные расчеты. Подготовка результатов к публикации проводилась совместно с соавторами.

На заседании 18 июня 2015 г, диссертационный совет принял решение присудить Самохвалову А.В. ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – нет, проголосовали: за 20, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного совета
доктор физ.-мат. наук, академик



С.В. Гапонов

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор физ.-мат. наук, профессор



К.П. Гайкович

23 июня 2015

Подписи С.В. Гапонова и К.П. Гайковича заверяю
Ученый секретарь ИФМ РАН, к.ф.м.н.



Д.А.РЫЖОВ