

Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Копасова Александра Андреевича
“СОСТОЯНИЯ КВАЗИЧАСТИЦ И ЭЛЕКТРОННЫЙ ТРАНСПОРТ В
СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ГИБРИДНЫХ СТРУКТУРАХ СО СПИН-
ОРБИТАЛЬНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ”,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук

по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния.

В диссертации А. А. Копасова, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния, приведены результаты теоретических исследований состояний квазичастиц и электронного транспорта в сверхпроводящих гибридных структурах со спин-орбитальным взаимодействием.

Актуальность темы данных исследований не вызывает сомнений, поскольку рассматриваемые системы предлагают принципиально новые возможности для управления сверхпроводящим транспортом, а также являются перспективной платформой для реализации топологической сверхпроводимости. Эффекты спин-орбитального взаимодействия в сверхпроводящих гибридных структурах имеют большое фундаментальное значение и являются предметом исследования целого ряда экспериментальных и теоретических групп во всем мире. Работы по этой тематике постоянно появляются в ведущих российских и зарубежных изданиях.

Новизна результатов также не вызывает сомнений, что подтверждается публикациями в ведущих журналах и имеющимся в тексте сравнением этих результатов с достижениями других авторов.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка цитируемой литературы, состоящего из 204 наименований, и трех приложений. Она изложена на 113 страницах, включая 22 рисунка.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, формулируются цели работы, представлен краткий литературный обзор по рассматриваемой тематике.

В первой главе автор представляет результаты исследований состояний квазичастиц в полупроводниковом нанопроводе, покрытом сверхпроводящей оболочкой во внешнем магнитном поле, направленном вдоль оси нанопровода. Расчеты спектров энергии подщелевых квазичастиц выполнены с использованием формализма

Боголюбова – де Жена. В данной главе показано, что конкуренция нормального и андреевского отражения в полупроводниковых нанопроводах, покрытых сверхпроводящей оболочкой, приводит к появлению квазичастичных мод волноводного типа. Продемонстрировано, что наличие аккумуляционного слоя для квазичастиц вблизи интерфейса полупроводник-сверхпроводник может приводить к увеличению щели в спектре возбуждений нанопровода при увеличении внешнего магнитного потока в пределах состояния с фиксированной завихренностью сверхпроводящего параметра порядка в оболочке. Получен критерий появления краевых майорановских мод в покрытых нанопроводах с текстурированным спин-орбитальным взаимодействием Рашбы, определяемым радиальными электрическими полями на границе полупроводник – сверхпроводник.

Во второй главе автор представляет результаты исследований особенностей электронного транспорта в джозефсоновских контактах с искривленным полупроводниковым нанопроводом с сильным спин-орбитальным взаимодействием в области слабой связи. Основные особенности стационарного эффекта Джозефсона проанализированы в рамках формализма уравнений Боголюбова – де Жена. Показано, что джозефсоновский контакт через искривленный нанопровод может иметь отличную от 0 и π спонтанную разность фаз сверхпроводящего параметра порядка в берегах контакта в основном состоянии. Спонтанная разность фаз определяется геометрией системы (углом разориентации частей нанопровода), а также величиной спин-расщепляющего поля в нанопровode. Продемонстрирована возможность анизотропии критического тока в системе – зависимости критического тока от направления пропускаемого тока.

В третьей главе автор представляет результаты исследований особенностей зарождения сверхпроводимости в гибридных структурах сверхпроводник - ферромагнетик со спин-орбитальным взаимодействием Рашбы. Для описания обратного эффекта близости используется формализм уравнений Горькова для гибридной структуры. Представлено уравнение на критическую температуру сверхпроводящего перехода как для случая пространственно-однородного сверхпроводящего состояния в плоскости слоев, так и для геликоидального сверхпроводящего состояния с отличным от нуля суммарным импульсом куперовских пар. Показано, что спин-орбитальное взаимодействие приводит к частичной компенсации распаривающего эффекта обменного поля и стабилизирует неоднородное

сверхпроводящее состояние с конечным импульсом куперовских пар, а также, что величина импульса определяется параметрами структуры, которые включают в себя величину обменного поля и энергию спин-орбитального взаимодействия.

Достоверность основных выводов, сформулированных диссертантом, обеспечивается правильным выбором необходимых теоретических методов исследования, сравнением с предыдущими работами, а также апробацией работы на конференциях и семинарах в ведущих научных центрах.

Новизна и практическая значимость полученных результатов подтверждаются публикациями в ведущих российских и зарубежных журналах.

Вместе с тем, по диссертации можно сделать некоторые замечания.

1. Нет подробных обсуждений экспериментального тестирования полученных результатов с указанием соответствующих параметров моделей и возможных интервалов их изменения.
2. В диссертации приведены полученные численно зависимости спонтанной разности фаз от величины расщепляющего поля и угла разориентации нанопроводов. В ряде случаев приведено качественное сопоставление с аналитическими результатами, однако фитинг соответствующих зависимостей не представлен.
3. В главе 3 исследуется влияние спин-расщепляющего поля и спин-орбитального взаимодействия на критическую температуру сверхпроводящего перехода, но важный для приложений вопрос о возможности переключения в нормальное состояние не обсуждается.
4. В реферате в разделе «Личный вклад автора» не отражен вклад автора в работе [А3]. В подписи к Рис.1 в реферате нет пояснений различий рисунков (а) и (b).
5. Есть замечания по терминологии и русскому языку. В частности, слова «появление» и «возникновение» используются в одном и том же смысле («появление краевых мод»). «Вблизи интерфейса» - почему не «вблизи границы»? Является ли адекватным в случае диодного эффекта использование термина «анизотропия критического тока», ведь речь идет только о увеличении или уменьшении его величины?

Сделанные замечания имеют характер пожеланий или относятся к форме представления материала и не снижают общей высокой оценки представленной диссертации.

В целом, следует отметить, что диссертационная работа А.А. Копасова демонстрирует высокую квалификацию автора как физика-теоретика и является существенным вкладом в развитие теории.

Диссертация и автореферат написаны хорошим и понятным языком. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Итак, результаты диссертации представляются достоверными и научно обоснованными, обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью. Диссертация представляет собой законченную работу, которая соответствует всем критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., а её автор, Копасов Александр Андреевич, заслуживает присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «физика конденсированного состояния».

Шукринов Юрий Маджнунович,
ведущий научный сотрудник,
доктор физико-математических наук,
15 марта 2024 г.

Согласен на обработку моих персональных данных.

Лаборатория теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова Объединенного института ядерных исследований (ЛТФ ОИЯИ),

Шукринов Юрий Маджнунович, ведущий научный сотрудник,
(телефон: +7 9150442981, e-mail: shukrinv@theor.jinr.ru).

Почтовый адрес: 141980, Московская область, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6, ЛТФ ОИЯИ.

"Подпись Ю.М. Шукринова удостоверяю"
Ученый секретарь Лаборатории
теоретической физики им. Н.Н.
Боголюбова Объединенного института
ядерных исследований (ЛТФ ОИЯИ)



А.В. Андреев