

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д002.023.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
ИМ. П. Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 14 октября 2019 г. № 71

О присуждении Шубину Николаю Михайловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование резонансов и антирезонансов в квантовых проводниках и элементах молекулярной наноэлектроники на их основе» по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния» принята к защите 28 июня 2019 года (протокол заседания № 65) диссертационным советом Д002.023.03, созданным 11 апреля 2012 года приказом № 105/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Шубин Николай Михайлович, 1993 года рождения, в 2015 году с отличием окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (НИУ МИЭТ) по направлению «Электроника и наноэлектроника». С 2015 по 2019 год Шубин Николай Михайлович проходил обучение в аспирантуре НИУ МИЭТ по специальности 01.04.10 «Физика полупроводников». В 2019 году поступил в экстернат аспирантуры ФИАН для сдачи кандидатских экзаменов по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния». Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2019 году ФИАН. С апреля 2018 года по настоящее время Шубин Н. М. работает в лаборатории квантового дизайна

молекулярных и твердотельных наноструктур Отделения физики твердого тела (ОФТТ) ФИАН в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена на кафедре Квантовой физики и наноэлектроники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники». Научный руководитель – Горбачев Александр Алексеевич, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории квантового дизайна молекулярных и твердотельных наноструктур ОФТТ ФИАН.

Официальные оппоненты:

1. Ковалев Вадим Михайлович, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией теоретической физики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук (ИФП СО РАН);

2. Тиходеев Сергей Григорьевич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры общей физики и физики конденсированного состояния Физического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ);

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук (ФТИ РАН) город Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, подписанном членом-корреспондентом РАН, доктором физико-математических наук, профессором Ивченко Евгением Левовичем, главным научным сотрудником Сектора теории квантовых когерентных явлений в твердом теле Центра физики наногетероструктур ФТИ РАН, и утвержденном доктором физико-математических наук Брунковым Павлом Николаевичем, замес-

тителем директора ФТИ РАН, указала, что соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием признанных достижений в области физики конденсированного состояния.

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science, опубликовано 5 работ. Результаты работы доложены на 10 российских и международных конференциях. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем Шубиным Н. М. работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Горбачевич А.А., Шубин Н.М. Нарушение РТ-симметрии в резонансно-туннельных гетероструктурах // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. — 2016. — Т. 103, № 12. — С. 866–871.
2. Gorbatsevich A.A., Shubin N.M. Coalescence of resonances in dissipationless resonant tunneling structures and PT-symmetry breaking // Annals of Physics (N. Y). — 2017. — Т. 376. — С. 353–371.
3. Gorbatsevich A.A., Shubin N.M. Unified theory of resonances and bound states in the continuum in Hermitian tight-binding models // Physical Review B. — 2017. — Т. 96, № 20. — С. 205441.
4. Горбачевич А.А., Шубин Н.М. Квантовые логические вентили // Успехи физических наук. — 2018. — Т. 188, № 11. — С. 1209–1225.
5. Gorbatsevich A.A., Krasnikov G.Ya., Shubin N.M. PT-symmetric interference transistor // Scientific Reports — 2018. — Т. 8, № 1. — С. 15780.

На автореферат диссертации поступил отзыв от кандидата физико-математических наук Свинцова Дмитрия Александровича, заведующего Лабораторией оптоэлектроники двумерных материалов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Мос-

ковский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (МФТИ). В отзыве Свинцова Д. А. отмечается, что результаты работы являются актуальными в контексте разработки перспективных приборов нанoeлектроники с малым напряжением питания и высокой крутизной подпороговой характеристики. В качестве недостатка отмечено отсутствие обсуждения того факта, что средняя крутизна интерференционного транзистора хуже максимальной лишь в 1.3 раза. В отзыве указано, что соискатель Шубин Н. М. заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертационный совет отмечает, что в диссертации предложен и обоснован новый принцип управления током в квантовых интерференционных транзисторах, основанный на эффекте слияния резонансов при управляемом вырождении состояний в квантовом проводнике.

В работе получены следующие основные результаты:

1. Развита теоретический подход, позволяющий в едином формализме с привлечением неэрмитовых операторов описывать точные положения единичных максимумов и нулевых минимумов туннельной прозрачности произвольного квантового проводника, а также условия их слияния и образования связанных состояний в непрерывном спектре.
2. Предложен новый интерференционный механизм управления проводимостью квантового проводника, основанный на явлении слияния единичных резонансов с последующим подавлением туннельной прозрачности. Квантовый интерференционный транзистор, работающий по такому принципу может преодолеть ограничение на подпороговый размах, существующее для современных полевых транзисторов ($S^{-1} < e/kT \approx 39 \text{ В}^{-1}$ при комнатной температуре) и работать при существенно более низких напряжениях питания даже при комнатной температуре.

3. Построена наглядная аналогия между линейным высокочастотным откликом симметричного квантового проводника и его стационарными транспортными свойствами.

Результаты работы Шубина Н. М. оригинальны и научно обоснованы. Их достоверность обеспечивается применением современных методов квантовой теории, а также сравнением с существующими литературными данными.

Все результаты получены автором лично.

Новизна полученных результатов заключается в следующем:

Предложен новый подход к описанию баллистического квантового транспорта, привлекающий формализм неэрмитовых операторов и позволяющий с единых позиций описать резонансы, антирезонансы и связанные состояния в непрерывном спектре для произвольных квантовых проводников. В рамках предложенного подхода описаны особенности туннелирования через вырожденные состояния и показано, что управляемое внешним полем обратимое снятие вырождения может быть использовано в качестве энергоэффективного механизма переключения квантового интерференционного транзистора. Также проведено обобщение построенной теории на переменное напряжение и построена наглядная аналогия между линейным высокочастотным откликом симметричного квантового проводника и его статическим коэффициентом прохождения.

Фундаментальная значимость работы состоит в развитии методов теоретического описания открытых квантовых систем с использованием неэрмитовых операторов. Практическая значимость результатов работы заключается в перспективах непосредственного их использования для разработки правил дизайна базовых элементов молекулярной наноэлектроники. Развитый подход может быть применен к задачам рассеяния в системах другой природы, например, к оптическим или акустическим структурам, для разработки структур с наперед заданными нетривиальными свойствами.

В диссертационной работе решена задача точного определения энергий единичной и нулевой туннельной прозрачности произвольного квантового про-

водника, что имеет важное значение для разработки правил дизайна молекулярных квантовых интерференционных приборов наноэлектроники.

Аннотация соответствует содержанию диссертационной работы.

На заседании 14 октября 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Шубину Н. М. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в составе 22 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (01.04.07 – Физика конденсированного состояния), участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение ученой степени –21,
против присуждения ученой степени –1,
недействительных бюллетеней –0.

Заместитель председателя диссертационного совета,
д.ф.-м.н., член-корреспондент РАН

Пудалов Владимир Моисеевич

Ученый секретарь диссертационного совета,
д. ф.-м. н.

Золотко Александр Степанович

14 октября 2019 г.