

Заключение диссертационного совета МГУ.01.05
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от «19» января 2022 г. № 2.

О присуждении Ружицкому Всеволоду Игоревичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Новые физические подходы к решению задачи масштабирования элементной базы цифровой сверхпроводниковой электроники» по специальности 01.04.15 – «Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика» принята к защите диссертационным советом 01 декабря 2021 года, протокол № 1.

Соискатель – Ружицкий Всеволод Игоревич, 1993 года рождения, в 2017 году соискатель окончил ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова по специальности «Физика». В 2021 г. соискатель окончил очную аспирантуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Соискатель работает на кафедре атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в должности научного сотрудника.

Диссертация выполнена на кафедре атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель – доктор физ.-мат. наук Соловьев Игорь Игоревич, ведущий научный сотрудник, лаборатория физики наноструктур, отдел микроэлектроники, научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Официальные оппоненты:

1) Рязанов Валерий Владимирович – доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипяна Российской академии наук (ИФТТ РАН), главный научный сотрудник, заведующий лабораторией сверхпроводимости;

2) Шукринов Юрий Маджнунович – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, Объединённый Институт Ядерных Исследований, ведущий научный сотрудник лаборатории теоретической физики;

3) Васенко Андрей Сергеевич – доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский институт электроники и математики им. А.Н. Тихонова Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», профессор, заместитель заведующего научно-учебной лабораторией квантовой наноэлектроники

– дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 8 опубликованных работ, все статьи по теме диссертации и опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 01.04.15 – «Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика». Работы по теме диссертации:

[A1] I.I. Soloviev, S.V. Bakurskiy, V.I. Ruzhickiy, N.V. Klenov, M. Yu Kupriyanov, A.A. Golubov, O.V. Skryabina, and V. S. Stolyarov. “Miniaturization of Josephson Junctions for Digital Superconducting Circuits”. *Physical Review Applied*, 16(4):044060, 2021. DOI:10.1103/PhysRevApplied.16.044060. IF: 4,985

[A2] I.I. Soloviev, V.I. Ruzhickiy, S.V. Bakurskiy, N.V. Klenov, M.Yu. Kupriyanov, A.A. Golubov, O.V. Skryabina, and V.S. Stolyarov. “Superconducting circuits without inductors based on bistable josephson junctions”. *Physical Review Applied*, 16(1):014052, 2021. DOI:10.1103/PhysRevApplied.16.014052. IF: 4,985

[A3] V. I. Ruzhickiy, A. A. Maksimovskaya, I. I. Soloviev, S. V. Bakurskiy, and N.V. Klenov. “Generation and propagation of fractional fluxons in josephson media”. Journal of Experimental and Theoretical Physics, 132(5):800–809, 2021. DOI:10.1134/S1063776121030171. IF: 1,29

[A4] I. I. Soloviev, V. I. Ruzhickiy, N. V. Klenov, S. V. Bakurskiy, and M. Yu Kupriyanov. “A linear magnetic flux-to-voltage transfer function of a differential dc squid”. Superconductor Science and Technology, 32:074005, 2019. DOI: 10.1088/1361-6668/ab0d73. IF: 3,22

[A5] S. V. Bakurskiy, V. I. Filippov, V. I. Ruzhickiy, N. V. Klenov, I. I. Soloviev, M. Yu. Kupriyanov, and A. A. Golubov. “Current-phase relations in sifs junctions in the vicinity of $0-\pi$ transition”. Physical Review B, 95(9):094522–1–094522–11, 2017. DOI:10.1103/PhysRevB.95.094522. IF: 4,036

[A6] N. V. Klenov, V. I. Ruzhickiy, and I. I. Soloviev. “Switching between the stable states of a long josephson ϕ -junction”. Moscow University Physics Bulletin, 70(5):404–410, 2015. DOI: 10.3103/S0027134915050070. IF: 0,672

[A7] M. V. Bastrakova, N. V. Klenov, V. I. Ruzhickiy, and A. M. Satanin. “Propagation of short current pulses in josephson transition line and ultrafast qubit control”. Journal of Physics: Conference Series, 1410:012142, 2019. DOI: 10.1088/1742-6596/1410/1/012142. SJR: 0,21

[A8] Н. В. Кленов, С. В. Бакурский, В. И. Ружицкий, А. В. Кузнецов, К. Е. Нестеров, С. Ж. Герасимова, И. И. Соловьев. “Сверхпроводящие ϕ -элементы на основе джозефсоновских структур с ферромагнитными слоями”. Журнал радиоэлектроники, 5, 2013. ИФ РИНЦ: 0,412 (N.V. Klenov, S.V. Bakurskiy, V.I. Rujickiy, A.V. Kuznetsov, K.E. Nesterov, S.J. Gerasimova, I.I. Soloviev Superconducting ϕ -elements based on Josephson structures with ferromagnetic layers. Journal of Radio Electronics, 5, 2013. RSCI: 0,525)

На автореферат и диссертацию дополнительных отзывов не поступило.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их высокой квалификацией и наличием публикаций за последние 5 лет в области физики и технологии наноструктур, атомной и молекулярной физики.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение задач, связанных с разработкой новых подходов физической реализации цифровых сверхпроводниковых схем, позволяющих улучшить их масштабируемость. Исследована масштабируемость существующих типов джозефсоновских переходов, определена наиболее перспективная гетероструктура для масштабирования до наноразмеров, а также произведен расчет основных физических характеристик выбранной гетероструктуры и оценена возможность ее использования в цифровых сверхпроводниковых схемах. Исследованы возможные пути масштабирования базовых ячеек цепей сверхпроводниковых логик в том числе с использованием магнитных джозефсоновских переходов и определен наиболее перспективный способ физического представления информации с точки зрения возможного масштабирования. Разработаны методы расчета и синтеза цифровых сверхпроводниковых схем с выбранным представлением информации, выполнено проектирование элементной базы цифровых сверхпроводниковых схем на основе предложенного метода и исследована возможность создания многоэлементных цифровых сверхпроводниковых схем с использованием выбранного представления информации. Полученные результаты являются значительным вкладом в развитие исследований по физике и технологии наноструктур в России.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Джозефсоновская гетероструктура, пригодная для создания

цифровых сверхпроводниковых схем на ее основе, может быть уменьшена до размеров в несколько десятков тысяч квадратных нанометров (18000 - 30000 нм²).

2. Информация в схемах одноквантовой логики может быть представлена в виде скачков фазы сверхпроводящего параметра порядка. Данное представление позволяет создавать масштабируемые цифровые схемы, состоящие только из джозефсоновских контактов (без использования индуктивностей проводов).

3. Наиболее компактными схемами одноквантовой логики, состоящими только из джозефсоновских контактов, являются схемы на базе бистабильных джозефсоновских контактов. С их использованием возможна реализация логических элементов, элементов памяти с разрушающим и неразрушающим считыванием, RS и T триггеров, полусумматоров и более сложных компонент вычислительных устройств.

На заседании 19 января 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Ружицкому В.И. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 10 докторов наук по специальности диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 15, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель ДС МГУ.01.05,
д.ф.-м.н., профессор

А.Т. Рахимов

Ученый секретарь ДС МГУ.01.05,
к.ф.-м.н.

Н.А. Власова

19 января 2022 г.

Ученый секретарь НИИЯФ МГУ,
к.ф.-м.н.

Е.А. Сигаева