

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе и цифровому развитию
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»

д. ф.-м. н., профессор

Алексей Александрович Короновский

«29» 09 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

по диссертации **Мартышкина Александра Александровича** «Распространение
спиновых волн в нерегулярных ферромагнитных структурах на основе сочленен-
ных тонкопленочных микроволноводов» на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика, выполненной
на кафедре физики открытых систем института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени
Н.Г. Чернышевского».

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора СГУ №100-Д
от 02.07.2025 г.

Соискатель **Мартышкин Александр Александрович** в 2019 г. окончил фе-
деральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего об-
разования «Саратовский национальный исследовательский государственный уни-
верситет имени Н.Г. Чернышевского» по направлению подготовки 03.04.03 «Ра-
диофизика» с присвоением квалификации «Магистр».

Справка о сданных кандидатских экзаменах №27-2025 от 28.08.2025 г. вы-
дана федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государ-
ственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

В период подготовки диссертации с 01.10.2019 г. по 30.09.2023г. соискатель
обучался в аспирантуре ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» по группе
научных специальностей 1.3. Физические науки. В настоящее время является соис-
кателем (приказ ректора СГУ №172-Д от 29 сентября 2023 г.) для написания дис-
сертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности «Радиофизика», работает в должности младшего научного сотруд-
ника в лаборатории «Метаматериалы» ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышев-
ского».

Научный руководитель — Садовников Александр Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики открытых систем ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», утвержденный приказом ректора СГУ №201-Д от 25.10.2023 г., представил положительный отзыв о диссертации и соискателе.

Научную экспертизу диссертация проходила на расширенном заседании кафедры физики открытых систем института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» с приглашением специалистов по профилю диссертации из других структурных подразделений ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» и других научных учреждений.

На заседании присутствовали:

1. *Аникин Валерий Михайлович*, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры радиотехники и электродинамики СГУ;
2. *Глухова Ольга Евгеньевна*, доктор физико-математических наук, профессор, заведующая кафедрой радиотехники и электродинамики СГУ;
3. *Москаленко Ольга Игоревна*, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики открытых систем СГУ;
4. *Павлов Алексей Николаевич*, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики открытых систем СГУ;
5. *Стрелкова Галина Ивановна*, доктор физико-математических наук, доцент, заведующая кафедрой радиофизики и нелинейной динамики СГУ;
6. *Караваев Анатолий Сергеевич*, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии СГУ;
7. *Морозова Мария Александровна*, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры нелинейной физики СГУ;
8. *Тихонов Владимир Васильевич*, доктор физико-математических наук, профессор кафедры кафедры инноватики СГУ;
9. *Филимонов Юрий Александрович*, доктор физико-математических наук, профессор, директор СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН;
10. *Гришин Сергей Валерьевич*, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой электроники, колебаний и волн СГУ;
11. *Бегинин Евгений Николаевич*, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой нелинейной физики СГУ;
12. *Слепченков Михаил Михайлович*, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры радиотехники и электродинамики СГУ;
13. *Садовников Александр Владимирович*, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики открытых систем СГУ;
14. *Шешукова Светлана Евгеньевна*, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики открытых систем СГУ;

15. *Адилова Асель Булатовна*, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики открытых систем СГУ;
16. *Журавлев Максим Олегович*, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики открытых систем СГУ.
17. *Хивинцев Юрий Владимирович*, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Магнитоэлектроники СВЧ» СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН;
18. *Селезнев Михаил Евгеньевич*, кандидат физико-математических наук СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН;
19. *Губанов Владислав Андреевич*, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник лаборатории «Метаматериалы» СГУ.

Рецензенты диссертации:

Тихонов Владимир Васильевич, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры инноватики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» представил положительный отзыв.

Бегинин Евгений Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой нелинейной физики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» представил положительный отзыв.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение:

Диссертация Мартышкина А.А. посвящена выявлению особенностей распространения спиновых волн в нерегулярных ферромагнитных структурах на основе сочлененных тонкопленочных микроволноводов методами численного моделирования и радиофизического эксперимента.

Личный вклад. Все защищаемые результаты и положения диссертационной работы получены соискателем лично. Экспериментальные исследования генерации и распространения спиновых волн в магнитных структурах были выполнены совместно с научным руководителем. Постановка научной проблемы и обсуждение результатов приводилось совместно с научным руководителем, а также соавторами опубликованных работ.

Достоверность полученных результатов обусловлена использованием для их получения хорошо апробированных радиофизических методов исследования (метод Мандельштам-Бриллюэновской спектроскопии, метод измерения отклика магнитных структур на внешнее СВЧ-воздействие с помощью регистрации S-параметров) и численных методов микромагнитного моделирования на основе уравнений Ландау-Лифшица-Гильберта. Полученные результаты численных рас-

четов хорошо согласуются с результатами измерений и не противоречат современным физическим представлениям о распространении спиновых волн в ферромагнитных средах.

Научная новизна результатов работы

1. Показана возможность управления частотным диапазоном перекрытия Δf поверхностных и обратных объемных спиновых волн в структурах, образованных ортогональным сочленением поперечно ограниченными ферромагнитными волноводами, изменением ширины и толщины волноводов.

2. Предложен метод возбуждения высших ширинных мод спиновых волн в соединенных ортогонально в одной плоскости тонкопленочных поперечно ограниченных ферромагнитных волноводах.

3. Выявлен режим распространения спиновых волн в соединенных ортогонально в одной плоскости тонкопленочных поперечно ограниченных ферромагнитных волноводах с сохраняющимся волновым числом k после поворота области сочленения волноводов

4. Определен режим эффективной передачи поверхностных магнитостатических спиновых волн через вертикальное сочленение поперечно ограниченных волноводов, расположенных во взаимно ортогональных плоскостях, с величиной потерь менее 10% и управляемой длиной волны путём изменения соотношения толщин волноводов.

5. Установлено, что частичная металлизация поверхности нерегулярной волноведущей структуры, состоящей из двух микроволноводов различной ширины, формирует спин-волновой канал, в который ответвляется спиновая волна в процессе распространения по волноведущей структуре.

Научно-практическая значимость. Рассмотренные в работе нерегулярные волноведущие структуры позволяют реализовывать управляемую передачу сигналов, закодированных в фазе или амплитуде спиновых волн. Результаты диссертационной работы найдут применение при создании новых устройств обработки и передачи информационных сигналов, таких как ответвители, фильтры и системы с частотно-пространственной селекцией сигнала, управляемые магнитным полем и частотой возбуждаемого сигнала.

Результаты диссертации использовались при выполнении научных проектов, поддержанных грантами РФФИ (18-29-27026, 19-37-80004, 18-37-20005, 18-37-00482, 16-29-14021), РНФ (23-79-30027, 20-79-10191), а также в рамках стипендии Президента Российской Федерации по приоритетным направлениям для аспирантов и молодых ученых (СП-560.2022.5).

Ценность научных работ соискателя определяется тем, что результаты диссертации расширяют современные представления о физических явлениях, возникающих при распространении спиновых волн в нерегулярных волноведущих структурах. В работе реализованы новые методы передачи и управления спин-волновыми сигналами в нерегулярных ферромагнитных структурах, получены новые знания об особенностях спектров и пространственного распределения спиновых волн в нерегулярных тонкопленочных ферромагнитных волноводах.

Апробация работы. Результаты, представленные в диссертации, докладывались на следующих школах, семинарах и конференциях: Новое в Магнетизме и Магнитных Материалах (Москва, 2024), Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика (Саратов, 2017, 2019, 2020, 2023), Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами (Саратов, 2019, 2023), ICFM-2023 (Алушта, 2023), IX Байкальская Международная конференция (Иркутск, 2023), 22-я Всероссийская молодежная научная школа-семинар "Актуальные проблемы физической и функциональной электроники" (Ульяновск, 2019), XII Международная школа-конференция "Хаотические автоколебания и образование структур" (ХАОС-2019) (Саратов, 2019), Всероссийская научно-техническая конференция "Электроника и микроэлектроника СВЧ" (Санкт-Петербург, 2022-2024)

Публикации. По результатам диссертации опубликовано 21 работ, из них 10 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание учёной степени доктора и кандидата наук, и рецензируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, 7 статей в сборниках трудов научных конференций и семинаров, 2 патента на изобретения и 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

1. Sadovnikov A. V., Grachev A. A., Gubanov V. A., Odintsov S. A., **Martyshkin A. A.**, Sheshukova S. E., Sharaevskii Y. P., Nikitov S. A. Spin-wave intermodal coupling in the interconnection of magnonic units // Applied Physics Letters. 2018. Vol. 112, no. 14. Личный вклад автора состоит в проведении исследования, создании программного обеспечения и визуализации, а также написании и редактировании текста.
2. Sadovnikov A. V., Grachev A. A., Odintsov S. A., **Martyshkin A. A.**, Gubanov V. A., Sheshukova S. E., Nikitov S. A. Neuromorphic calculations using lateral arrays of magnetic microstructures with broken translational symmetry // JETP Letters. 2018. Vol. 108. P. 312–317.

Личный вклад автора состоит в проведении исследования, создании программного обеспечения и визуализации а также написании и редактировании текста.

3. **Мартышкин А. А.** [и др.] Функциональные блоки магنونных сетей на основе структур с нарушением трансляционной симметрии // Журнал технической физики. — 2019. т. 89, № 11. с. 17051711.
Личный вклад автора состоит в проведении исследования, создании программного обеспечения и визуализации, а также написании и редактировании текста.
4. **Martyshkin A. A.** [et al.] Vertical spin-wave transport in magnonic waveguides with broken translation symmetry // IEEE Magnetics Letters. 2019. Vol. 10. P. 1–5.
Личный вклад автора состоит в постановке задачи, проведении исследования, создании программного обеспечения и визуализации, а также написании и редактировании текста.
5. **Мартышкин А. А.,** Бегинин Е. Н., Садовников А. В. Частотно селективное распространение спиновых волн в трехмерном магنونном Т-образном сплиттере // Журнал технической физики. 2021. т. 91, № 10. с. 1555-1559.
Личный вклад автора состоит в проведении исследования, создании программного обеспечения и визуализации а также написании и редактировании текста.
6. **Martyshkin A. A.** [et al.] Surface Spin-Wave Propagation in the Orthogonal Transverse Junction of YIG-Based Magnonic Stripes // IEEE Transactions on Magnetics. — 2021. Vol. 58, no. 2. P. 1–4.
Личный вклад автора состоит в проведении исследования, создании программного обеспечения и визуализации а также написании и редактировании текста.
7. **Martyshkin A. A.,** Beginin E. N., Sadovnikov A.V. Frequency-selective propagation of spin waves in a three-dimensional magnon T-shaped splitter // Zhurnal Tekhnicheskoi Fiziki. 2021. Vol. 91, no. 10. P. 1555–1559.
Личный вклад автора состоит в проведении исследования, создании программного обеспечения и визуализации а также написании и редактировании текста.
8. **Martyshkin A. A.,** Beginin E. N., Sadovnikov A. V. Spin waves transport in 3D magnonic waveguides // AIP Advances. 2021. Vol. 11, no. 3.
Личный вклад автора состоит в постановке задачи, проведении исследования, создании программного обеспечения и визуализации, а также написании и редактировании текста.
9. **Martyshkin A. A.,** Davies C. S., Sadovnikov A. V. Magnonic interconnections: Spin-wave propagation across two-dimensional and three-dimensional junctions between yttrium iron garnet magnonic stripes // Physical Review Applied. 2022. Vol. 18, no. 6. P. 064093.
Личный вклад автора состоит в постановке задачи, проведении исследования, создании программного обеспечения и визуализации, а также написании и редактировании текста.
10. **Martyshkin A. A.** [et al.] Nonreciprocal spin-wave beam transport in a metallized T-shaped magnonic junction // Physical Review Applied. 2024. Vol. 22, no. 1. P. 014037.
Личный вклад автора состоит в постановке задачи, проведении исследования, создании программного обеспечения и визуализации, а также написании и редактировании текста.
11. **Мартышкин А. А.,** Садовников А. В. Динамика спиновых волн в L-образном магнитном микроволноводе // Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная

- физика. Доклады XII Всероссийской конференции молодых ученых. 2017. с. 167-168.
12. **Мартышкин А. А.** [и др.] Нерегулярный микромагнитный волновод как базовый блок магнанных сетей // Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами. Сборник статей шестой Всероссийской научной школы-семинара. 2019. с. 156-159.
 13. **Мартышкин А. А.** [и др.] Магнитные волноведущие межсоединения с нарушением трансляционной симметрии в трёхмерных магнанных сетях // Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика. Сборник трудов XIV Всероссийской конференции молодых ученых. 2019. с. 218-219.
 14. **Мартышкин А. А.**, Бегинин Е. Н., Садовников А. В. Спин-волновой транспорт в структуре типа меандр // Нанoeлектроника, нанофотоника и нелинейная физика. Сборник трудов XV Всероссийской конференции молодых ученых. 2020. с. 155-156.
 15. **Martyshkin A. A.** [et al.] Nonreciprocal caustic spin waves in partially metallized T-shape waveguide // International Conference Functional Materials ICFM-2023. 2023. P. 63–64.
 16. **Мартышкин А. А.**, Бегинин Е. Н., Садовников А. В. Поверхностные магнитостатические волны в периодических феррит-полупроводниковых структурах // Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами. Сборник статей десятой Всероссийской научной школы-семинара. 2023. с. 269-272.
 17. **Мартышкин А. А.**, Садовников А. В., Хутиева А. Б. Управляемый магнитным полем делитель мощности на спиновых волнах: патент на изобретение RU 2776524 C1 // Зарегистрирован 21.07.2022. Заявка № 2021129740 от 13.10.2021. 2022.
 18. **Мартышкин А. А.**, Садовников А. В., Хутиева А. Б. Программа расчёта амплитудно-частотных характеристик спиновых волн в ферритовом волноводе с нарушенной трансляционной симметрией: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023665946 // Зарегистрировано 23.07.2023. Заявка № 2023665228 от 23.07.2023. 2023.
 19. Садовников А. В., **Мартышкин А. А.**, Никитов С. А. Направленный 3D ответвитель на магнитостатических волнах: патент на изобретение RU 2717257 C1 // Зарегистрирован 19.03.2020. Заявка № 2019120201 от 28.06.2019. 2020.
 20. **Мартышкин А. А.** [и др.] Программа моделирования спин-волновой динамики в 3D магнанной структуре с нарушением трансляционной симметрии: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019661401 // Зарегистрировано 28.08.2019. Заявка № 2019660428 от 22.08.2019. 2019.
 21. **Мартышкин А. А.**, Садовников А. В., Бегинин Е. Н. Программа расчёта статических и динамических характеристик магнитостатических волн в системе на основе Т-образного сплиттера спиновых волн: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2021663630 // Зарегистрировано 19.08.2021. Заявка № 2021662861 от 17.08.2021. 2021.

Общая оценка диссертации. Диссертационная работа «Распространение спиновых волн в нерегулярных ферромагнитных структурах на основе сочлененных тонкопленочных микроволноводов» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи радиофизики, заключающейся в выявлении закономерностей спин-волновых процессов в нерегулярных ферромагнитных тонкопленочных волноводах. Основные положения и результаты диссертации в полной мере опубликованы в научных статьях и материалах конференций. Текст диссертации не содержит заимствованного материала без ссылок на авторов, а также материалов совместных работ без ссылок на соавторов. Тема и содержание диссертации соответствуют специальности 1.3.4. – Радиофизика, удовлетворяя пп. 2,3 паспорта данной специальности.

Диссертация удовлетворяет требованиям пп. 9–11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертация Мартышкина Александра Александровича «Распространение спиновых волн в нерегулярных ферромагнитных структурах на основе сочлененных тонкопленочных микроволноводов» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры физики открытых систем института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского». На заседании присутствовало 19 человек, из них 9 докторов наук и 10 кандидатов наук по профилю диссертации. Результаты голосования: «за» – 19 чел., «против» – нет, воздержались – нет (протокол № 2 от 4 сентября 2025 г.).

Председательствующий:

доктор физико-математических наук, профессор
профессор кафедры физики открытых систем института физики
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»,



Павлов Алексей Николаевич

410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83
Тел.: 8 (8452) 21 - 07 - 89
e-mail: pavlov.lesha@gmail.com

