



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО Национальный
исследовательский университет
«МЭИ»

доктор технических наук, профессор
В. К. Драгунов

«17» ноября 2023

Отзыв

ведущей организации ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «МЭИ» на диссертационную работу Губанова Владислава Андреевича «Управление свойствами спиновых волн в нерегулярных структурах на основе магنونных микроволноводов и магنونных кристаллов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика

Объект исследования. Вариации спектра спин-волновых возбуждений в продольно-нерегулярных волноведущих структурах на основе магنونных микроволноводов и системы связанных магنونных кристаллов разной ширины и одинакового периода при локальном нагреве и при возбуждении спиновых волн на частотах, соответствующих брэгговским запрещенным зонам.

Актуальность работы. Диссертационная работа Губанова В. А. посвящена решению актуальной задачи радиофизики выявления закономерностей управления спектром дипольных спиновых волн (СВ) в нерегулярных структурах на основе магنونных кристаллов и микроволноводов. Актуальность темы диссертационной работы определяется назревшей необходимостью создания элементной базы информационно-телекоммуникационных систем на основе электрически нейтральных квазичастиц в виде потока магнонов или спиновых волн. В настоящее время это направление научных исследований интенсивно развивается и предложен ряд функциональных элементов на базе принципов спин-волновой интерференции для реализации логических операций и нейроморфных вычислений. Таким образом, не вызывает сомнений актуальность и практическая значимость темы диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Полный объем диссертации 125 страниц текста с 56 рисунками. Список литературы содержит 105 наименований.

Основные результаты диссертации изложены в четырех главах. **Первая глава** посвящена рассмотрению методов исследования процессов

распространения и управления свойствами СВ в продольно нерегулярных структурах на основе магнонных микроволноводов и кристаллов.

Во второй главе рассмотрен механизм формирования магнитной неоднородности типа «магнитная яма» при формировании на поверхности тонкопленочного поперечно ограниченного ферритового волновода области локального лазерного нагрева с длиной волны лазера $\lambda = 830$ нм, а также анализируется управление режимами распространения спин-волнового сигнала при изменении параметров «магнитной ямы» – диаметра лазерного пучка и глубины локального лазерного нагрева.

В третьей главе рассмотрен эффект трансформации типа магнитостатических волн двух видов («поверхностная – обратная объемная – поверхностная», либо «обратная объемная – поверхностная – обратная объемная») в тонкопленочном ферритовом «U-образном» микроволноводе, в случае создания нагрева сфокусированным лазерным излучением в области изгиба в зависимости от направления прикладываемого к структуре внешнего магнитного поля. Определены варианты трансформации частотного диапазона выходного сигнала для каждого из рассмотренных случаев.

В четвертой главе исследованы режимы узкополосного ответвления мощности СВ в системе параллельно ориентированных ферритовых микроволноводов, сформированных на общей подложке из гадолиний-галлиевого граната с различной шириной и нанесенными идентичными брэгговскими решетками в зависимости от возбуждаемого магнонного кристалла.

Таким образом, можно заключить, что диссертацию Губанова В.А. отличают высокий уровень научной новизны и значимости полученных результатов.

Практическая значимость диссертационной работы. Рассмотренные в работе нерегулярные структуры на основе магнонных микроволноводов и магнонных кристаллов являются перспективными элементами для создания класса устройств обработки информации, как например, системы демультимплексирования с частотно-пространственной селективностью, направленные ответвители, делители, фильтры и ключи сверхвысокочастотного сигнала, управляемые одновременно магнитным полем и локальным лазерным излучением. Научная значимость решения обозначенной проблемы состоит в расширении функционального диапазона магнонных устройств за счет предложенных в работе новых способов управления спин-волновыми сигналами.

Рекомендации по использованию материалов работы. Полученные в диссертации результаты рекомендуются к использованию в научно-исследовательских и производственных организациях, образовательных учреждениях, сферой деятельности которых являются исследования спиновых волн в различных структурах, а также производство устройств, работающих с

их использованием: Национальный исследовательский университет МЭИ (Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова), ФГБУН ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН (г. Москва), ФИРЭ им. В. А. Котельникова РАН (г. Фрязино), СФИРЭ им. В. А. Котельникова РАН (г. Саратов), Институт физики микроструктур РАН (г. Нижний Новгород), ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)» (г. Санкт-Петербург), ФГБУН Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН (г. Санкт-Петербург), МГУ им. М. В. Ломоносова (г. Москва), ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского» (г. Саратов).

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается хорошим соответствием данных микромагнитного моделирования и результатов экспериментов, выполненных с помощью микроволновой спектроскопии и Мандельштам-Бриллюэновской спектроскопии. При этом для получения результатов использовались методы исследования, учитывающие специфику исследуемых магнитных микроструктур. Достоверность также подтверждается отсутствием противоречий с известными работами.

Личный вклад автора. Защищаемые результаты и положения диссертационной работы получены соискателем лично. Все приводимые в диссертации результаты микромагнитного моделирования получены лично соискателем. Был разработан модуль для микромагнитного моделирования, позволяющий исследовать отражение спиновых волн от области нагрева. Экспериментальные исследования генерации и распространения СВ в магнитных микроволноводах и магнитных кристаллах были выполнены совместно с научным руководителем, а также работниками лаборатории «Метаматериалы» Саратовского национального исследовательского государственного университета.

Полнота изложения материалов диссертации в публикациях и апробация. Основные результаты по теме диссертации изложены в 6 статьях в реферируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук и индексируемых в международных реферативных базах данных и системах цитирования Web of Science и/или Scopus, а также в сборниках научных конференций и семинаров всероссийского и международного уровня (всего 8 статей и тезисов докладов).

По диссертационной работе **имеются следующие замечания:**

1. Из текста диссертации не вполне понятно, являются ли спин-волновые эффекты, наблюдаемые при нагреве пороговыми.
2. В тексте диссертации отсутствует разбор вопроса об эффективности передачи спин-волнового сигнала со входа на выход в изогнутых волноводах. В частности, какая конфигурация является наилучшей: геометрия поверхностных или объемных волн?
3. В тексте диссертации заметны нарушения установленных действующими в Российской Федерации национальными стандартами положений: простановки пробелов после точки сокращения слов; обозначения «запятая» для разделения десятичной и целой части чисел; использования русскоязычных надписей на поле рисунков и вдоль координатных осей; обязательного указания в списке литературы реквизитов авторов издательства, места издания и количества страниц. В диссертацию включен не обязательный элемент «Список иллюстраций» на стр. 118-126, но отсутствуют полезные для понимания текста Списки сокращений и обозначений.
4. Национальным стандартом Российской Федерации ГОСТ Р 7.0.11–2011 не предусмотрен структурный элемент автореферата «Список литературы» объёмом 25 позиций, занимающий 3 страницы его текста. Его материал можно было бы кратко изложить в структурном элементе автореферата «Актуальность темы исследования» с перечислением фамилий основных авторов публикаций по теме с отсылкой к основному тексту диссертационной работы.

Указанные недочёты не снижают общей научной и практической ценности диссертации.

Заключение. Диссертация Губанова Владислава Андреевича «Управление свойствами спиновых волн в нерегулярных структурах на основе магнонных микроволноводов и магнонных кристаллов» является научно-квалификационной работой, которая выполнена на высоком научном уровне и содержит новые научные результаты, имеющие существенное значение для радиофизики, включая многочисленные приложения.

Тема диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.4. – Радиофизика по отрасли физико-математических наук. Текст работы показывает, что её автор является высококвалифицированным специалистом – радиофизиком, имеющим навыки численного моделирования и экспериментальных исследований

Диссертация удовлетворяет требованиям пп. 9–11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Губанов Владислав Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата

физико-математических наук по специальности 1.3.4. - Радиофизика., а её соискатель Губанов Владислав Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. - Радиофизика.

Диссертационная работа была заслушана и обсуждена на заседании научного семинара кафедры формирования и обработки радиосигналов Института радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова Национального исследовательского университета МЭИ» 15 ноября 2023 года (протокол № 8).

Исполняющий обязанности заведующего кафедрой
Формирования и обработки радиосигналов, к.т.н., доцент



П. С. Остапенков

Подпись П. С. Остапенкова заверяю
Ученый секретарь Ученого совета НИУ «МЭИ»



И. В. Кузовлев

Реквизиты организации:

Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»), Радиотехнический факультет, кафедра Формирования и обработки радиосигналов

Россия, 111250, Москва, ул. Красноказарменная, дом 14.

Тел. +7(495)362-70-01

Факс: +7 495 362-89-38

Эл. почта: universe@mpei.ru

Сайт: <http://mpei.ru>