

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО Национальный
исследовательский университет

«МЭИ»

доктор технических наук, профессор

В. К. Драгунов

2022



Отзыв

ведущей организации ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «МЭИ» на диссертационную работу Одинцова Сергея Александровича «Спектры и режимы распространения спиновых волн в ферритовых волноводах с распределенной связью и магнетонных кристаллах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.3.4. – Радиофизика и 1.3.5. – Физическая электроника

Объект исследования. В рамках диссертационной работы проведено выявление особенностей передачи мощности спиновых волн в планарных структурах на основе ферромагнитных микроволноводов, микроразмерных кольцевых резонаторов и магнетонно-кристаллических структур в линейном и нелинейном режимах. Исследована эффективность различных способов управления режимами распространения спиновых волн в магнетонных структурах путем изменения геометрических размеров структур, направления ориентации внешнего магнетонного поля и величины мощности спиновой волны.

Актуальность работы. Диссертационная работа Одинцова С.А. посвящена решению актуальной задачи радиофизики, заключающейся в выявлении особенностей передачи мощности спиновыми волнами в

планарных структурах на основе ферромагнитных микроволноводов, микроразмерных структур в линейном и нелинейном режиме путем изменения геометрических размеров структур, направления ориентации внешнего магнитного поля и мощности спиновой волны и актуальной задачи физической электроники, заключающейся в выявлении особенностей влияния проводимости магнетонных кристаллов и запрещённых Брегговских зон на распространение спиновых волн в магнетонно-кристаллических структурах с волноводными каналами.. Актуальность темы диссертационной работы определяется назревшей необходимостью создания элементной базы информационно-телекоммуникационных систем на основе электрически нейтральных квазичастиц, например, потока магнетонов или спиновых волн. В настоящее время это направление научных исследований интенсивно развивается и предложены 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, четырёх глав, заключения и списка литературы. Диссертация содержит 101 страницу, включая 31 рисунок, список литературы из 106 наименований.

Основные результаты диссертации изложены в четырех главах. **Первая глава** посвящена рассмотрению методологической базы исследования процессов передачи мощности в системах связанных планарных микроволноводов, проводимого в рамках данной диссертационной работы. Конкретно рассматриваются метод теории связанных волн, электродинамический метод расчета характеристик спиновых волн, описание метода микромагнитного моделирования и описание экспериментальных методов исследований, которые используются для подтверждения результатов, полученных численно и аналитически.

Во второй главе показано описание структуры и представлены результаты электродинамических расчётов, рассмотрено влияние

геометрических параметров структуры из двух магнитных микроволноводов, расположенных на одной подложке параллельно. Показано, что интеграл перекрытия профилей мод уменьшается с увеличением частоты. Выявлено влияние геометрических параметров структуры из двух магнитных микроволноводов, расположенных на одной подложке параллельно на длину связи дипольных спиновых волн. Показано, что распространение дипольных спиновых волн имеет многомодовый характер. Показано изменение длины связи дипольных спиновых волн в двух магнитных микроволноводах при изменении ширины волноводов и зазора между ними.

Третья глава посвящена демонстрации эффективного распространения спиновой волны в системе параллельно расположенных микроволноводов на одной подложке с кольцевым резонатором между ними. Показана возможность ответвления сигнала спиновых волн во все каналы системы и приведена частотная зависимость коэффициента передачи в каждом канале. Выявлены особенности образования волн в кольцевом резонаторе, которые влияют на режимы распространения спиновых волн в планарной структуре. Продемонстрирована возможность управления распространения дипольных спиновых волн с помощью направления внешнего магнитного поля.

Четвертая глава посвящена исследованию эффекта пространственной селекции магнитостатических волн в ферромагнитной структуре с двумерным массивом канавок. показаны экспериментально полученные амплитудно - частотные и дисперсионные характеристики для одиночного магнетонного кристалла (МК) и планарной структуры с магнетонно-кристаллическим массивом. Продемонстрирован механизм локализации спин-волнового сигнала в микроволноводных каналах между массивами канавок при попадании частоты сигнала в запрещённую Брэгговскую зону. Показано, что при изменении величины и направления внешнего магнитного поля оказывается возможным эффективное управление свойствами распространяющихся магнитостатических волн и пространственным

распределением интенсивности динамической намагниченности в планарной структуре с МК.

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

Практическая значимость диссертационной работы. Рассмотренные в работе планарные структуры на основе ферромагнитных микроволноводов, микроразмерных кольцевых резонаторов и магнито-кристаллических структур найдут применение в создании класса устройств обработки информации, таких как системы демультимплексирования с частотно-пространственной селективностью, направленные ответвители, делители и фильтры СВЧ-сигнала, управляемых одновременно электрическим и магнитным полем.

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», ФГБУН ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН (г. Москва), ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН (г. Фрязино), СФ ИРЭ 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 определяется их воспроизводимостью, применением современной высокоточной аппаратуры и методов измерений, соответствием с численными расчётами. Достоверность результатов расчётов обеспечивается использованием адекватных математических моделей, широко апробированных и хорошо зарекомендовавших себя численных методов исследования. Достоверность также подтверждается отсутствием противоречий с известными опубликованными работами.

Полнота изложения материалов диссертации в публикациях и апробация. Основные результаты по теме диссертации изложены в 10 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. Результаты исследований апробированы на международных и всероссийских научных конференциях. Автореферат полностью отражает содержание диссертации, включая актуальность, цель работы, защищаемые положения, основные результаты.

По диссертационной работе **имеются следующие замечания:**

1. В работе проведено численное моделирование режимов перераспределения мощности дипольной спиновой волны в системе, содержащей два магнитных микроволновода, связанных через магнитный кольцевой резонатор, однако для полноты картины было бы полезно провести экспериментальное исследование режимов перераспределения мощности.
2. Не приведен строгий анализ влияния геометрических параметров на распространение спиновых волн в кольцевом резонаторе и их влияния на режимы распространения спиновых волн.

3. В тексте диссертации есть ряд опечаток, стилистические ошибки и неточности. Имеются нарушения требований национальных стандартов Российской Федерации ГОСТ 2.105-95, ГОСТ Р 7.0.11-2011 и ГОСТ Р 7.0.100-2018.

Следует подчеркнуть, что высказанные замечания не носят принципиального характера и не снижают научной и практической ценности работы.

Заключение.

Тема диссертации соответствует специальностям 1.3.4. – Радиофизика и 1.3.5. – Физическая электроника. Автореферат достаточно полно и правильно отражает её содержание.

Диссертационная работа «Спектры и режимы распространения спиновых волн в ферритовых волноводах с распределенной связью и магнетонных кристаллах» Одинцова Сергея Александровича является научно-квалификационной работой, которая выполнена на высоком научном уровне и содержит новые научные результаты.

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, Одинцов Сергей Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.3.4. – Радиофизика и 1.3.5. – Физическая электроника

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» «2» ноября 2022 года (протокол № 11).

Кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой формирования
и обработки радиосигналов
Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет "МЭИ"»

Сафин Ансар Ризаевич  

Подпись А.Р. Сафина 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: SafinAR@mpei.ru

Сайт: <http://mpei.ru>