

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию ОСОКИНА Сергея Александровича «Распространение спиновых волн в дискретных ограниченных ферромагнитных структурах», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния»

Актуальность темы. В настоящее время спинтроника и магноника являются активно развивающимися областями электроники. Исследования в этих областях, направленные на определение возможности применения различных магнитных микро- и наноструктур в устройствах обработки информации и магнонной логики, в последние годы стали крайне актуальным направлением. Современные задачи по данной теме связаны с изучением динамики спиновых волн в магнитных материалах и, в том числе, в структурированных магнитных плёнках. Магнитные периодические структуры, в которых распространяются спиновые волны и с помощью которых может производиться обработка информации и могут осуществляться логические операции, получили название магнонных кристаллов. Последние достижения в области изучения устройств магнонной логики продемонстрировали возможность их применения в качестве перспективной альтернативы привычным электронным устройствам КМОП схемотехники. Использование магнонов вместо электронов потенциально снижает потери энергии и обеспечивает возможность перестройки устройств с помощью, например, внешнего магнитного поля.

Однако на данный момент не разработана подробная теория, которая могла бы описать распространение спиновых волн в таких структурах, особенно в наномасштабах, где существенную роль играют размерные эффекты. Важными проблемами, которые должны быть решены для описания таких структур в целях дальнейшего их использования в наноразмерных устройствах магнонной логики, являются описание особенностей распространения спиновых волн в ограниченных магнитных структурах и учёт краевых эффектов, возникающих в субмикронных

магнитных элементах устройств. Поэтому для применения магнетонных кристаллов в качестве устройств обработки информации и магнетонной логики необходима проработка теоретических методов исследования свойств спиновых волн в магнетонных кристаллах конечного размера. Результаты, полученные в этом направлении, и представлены в диссертационной работе.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав и заключения. Полный объём диссертации составляет 108 страниц, включая 35 рисунков. Списки цитируемой литературы, публикаций автора и рисунков приведены в конце диссертации. Список литературы содержит 119 наименований.

Научная ценность и новизна представленных в диссертации результатов не вызывают сомнений и обусловлены изучением процессов рассеяния при распространении спиновых волн в периодических структурах, образованных ограниченным массивом ферромагнитных включений. С моей точки зрения, к числу наиболее важных из полученных результатов можно отнести следующее:

1. Показана возможность использования массивов включений в ферромагнитной пленке в качестве резонаторов для спиновых волн.

2. Создана теория, описывающая распространение спиновых волн в дискретном ограниченном массиве включений, и проведено исследование частотных характеристик таких волн. Показано, что частотные и модовые характеристики спиновых волн отличаются от аналогичных характеристик в бесконечных дискретных волноводах; определены возможные режимы распространения волн с малыми потерями на рассеяние.

3. Показано, что возбуждение спиновых волн возможно импульсом переменного внешнего магнитного поля или спин-поляризованного тока.

Полученные результаты являются новыми.

Практическая ценность работы состоит в том, что результаты, полученные диссертантом, могут быть использованы при разработке компонентной базы магноники, расширяя возможности для создания устройств обработки сигналов на принципах магнетонной логики. Такие устройства могут существенно отличаться от

устройств полупроводниковой электроники, в частности, низким энергопотреблением, возможностью перестройки внешним магнитным полем или электрическим током, частотной селективностью, более высоким рабочим диапазоном частот и пр.

Достоверность выводов и результатов не вызывает сомнений. Работа основана на использовании известных теоретических подходов. Результаты, полученные аналитическими и численными методами, согласуются как между собой, так и с данными других авторов в этой области.

Представленная работа содержит и ряд **недостатков**. В частности,

1. На мой взгляд, автор уделяет недостаточно внимания экспериментальным возможностям создания структур, рассмотренных в диссертации. Есть ли в литературе экспериментальные подтверждения полученных в диссертации теоретических и численных результатов? Если нет, то как они могут быть получены?

2. Описание представленных результатов не всегда содержит полную информацию о том, как они были получены. Например, как получены данные на рис. 2.3: из какого уравнения, при каких параметрах?

3. Данные на рис. 2.9(б) вызывают сомнения. Представленная кривая содержит два пика, один из которых состоит из единственной точки. Возникает впечатление, что полученный результат во многом определяется погрешностью дискретизации рассчитанных частотных зависимостей.

4. Приведенные в работе рисунки, в основном, не русифицированы.

5. Работа содержит ряд опечаток и небрежностей в оформлении. Например, «для сечения» на стр. 12 и «двух включения» в подписи к рис. 2.2; подпись к рис. 1.2: аббревиатура «НМ» не расшифрована; аббревиатура «ФМ» впервые встречается на стр. 17, а её расшифровка дана на стр. 65; не определена аббревиатура «СВ» на стр. 17 и 23; непонятно, что означает «сечение вымирания» на стр. 40; формулы (1.6) и (2.1) совпадают, но обозначения недиагональных

членов в них различны; в главе 4 обозначением для частоты служит « f », а в предыдущих главах – « ω », рисунки 2.12–2.14 помещены за несколько страниц до их описания; стр. 20: «МК, показанный на рис. 1.2(в)» – на рисунке есть только (а) и (б); и т.д.

Перечисленные недостатки не носят принципиального характера и не снижают ценности проведенных исследований.

Характеризуя работу С.А. Осокина в целом, можно утверждать, что она является законченным научным исследованием, в котором получены новые данные в отношении рассеяния спиновых волн на магнитных кристаллах конечного размера. Представленная работа свидетельствует о высокой квалификации автора и полностью соответствует предмету специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния. Научные положения и выводы подтверждены аналитическими и численными исследованиями, являются новыми и имеют научную и практическую значимость. Достоверность результатов не вызывает сомнений. Основные результаты диссертации опубликованы в 8 статьях в научных журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, включая 6 журналов, входящих в базы данных Web of Science и Scopus, а также доложены на шести российских и международных научных конференциях. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации. Диссертация написана грамотным профессиональным языком, иллюстративный материал оформлен хорошо.

Считаю, что диссертационная работа ОСОКИНА Сергея Александровича «Распространение спиновых волн в дискретных ограниченных ферромагнитных структурах» удовлетворяет всем требованиям, которые предъявляются к кандидатским диссертациям согласно пп. 9–14 Положения ВАК о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата

физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, ст. н. с.,

директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук (ИТПЭ РАН),

16.11.2020

РОЗАНОВ Константин Николаевич

Контактные данные:

Москва, 125412, Ижорская ул., д. 13, ИТПЭ РАН

тел. +7 (495) 485 9811, +7 (905) 570 6176, эл. почта k.rozanov@yandex.ru

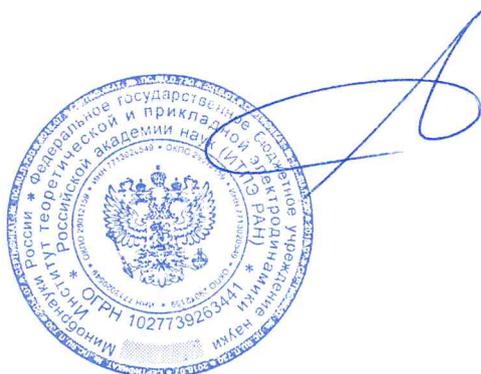
Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация на соискание степени доктора физико-математических наук: 01.04.11 – Физика магнитных явлений

Личную подпись РОЗАНОВА Константина Николаевича

«ЗАВЕРЯЮ»

зам. директора ИТПЭ РАН

д.ф.-м.н.



МЕРЗЛИКИН Александр Михайлович