

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Матвеева Олега Валерьевича
«Нелинейные явления в слоистых и мультиферроидных структурах на основе магнонных
кристаллов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 01.04.03 - Радиофизика.

Актуальность темы.

Хорошо известно, что сверхвысокочастотные сигналы могут обрабатываться спиновыми волнами, возбужденными в магнитных пленках. Магноны - это кванты спиновых волн. Они демонстрируют нелинейные параметрические взаимодействия при увеличенных амплитудах спиновых волн. Магноники - это современное, интенсивно развивающееся научное направление, продолжающее изучение поведения спиновых волн и их квантов в магнитных пленках и структурах для практического применения. Магнонику можно рассматривать как новый виток в разработке спин-волновых устройств.

Использование периодических и многослойных структур существенно расширяет функциональные возможности спин-волновых устройств, в частности, наличие пространственного периода приводит к появлению в спектре волн полос непропускания, что актуально для реализации частотно-избирательных функций, а связь между слоями позволяет реализовать функции пространственного разделения сигналов. К моменту начала работы над диссертацией нелинейные эффекты, возникающие при распространении спиновых волн в многослойных периодических ферромагнитных и мультиферроидных структурах были недостаточно изучены. Вместе с тем, исследование распространения спиновых волн в слоистых и мультиферроидных структурах на основе магнонных кристаллов является важной проблемой современной радиофизики. Поэтому тема диссертационной работы Матвеева О.В. несомненно является актуальной.

Характеристики содержания диссертационной работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 152 наименования. Полный объем диссертации составляет 168 страниц текста с 72 рисунками.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы основные цели работы и изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе излагаются результаты построения нелинейных моделей распространения магнитостатических волн в следующих структурах: магнетонный кристалл, связанные ферромагнитные пленки, связанные магнетонные кристаллы. Представлены результаты исследования эффектов нелинейного переключения в магнетонном кристалле и связанных ферромагнитных пленках.

Во второй главе приводятся результаты численного моделирования распространения импульсов магнитостатических волн в структуре двух связанных магнетонных кристаллов. Продемонстрирован эффект двойного нелинейного переключения, подробно исследовано влияние геометрических параметров на точки переключения. Помимо этого исследовано распространение сигналов в несимметричной структуре, состоящей из магнетонного кристалла и ферромагнитной пленки, и показано, что она обладает свойством частотного разделения сигналов по различным выходным портам.

Третья глава посвящена исследованию мультиферроидных структур. В ней построены модели для описания спектра гибридных электромагнитно-спиновых волн в структурах магнетонный кристалл – сегнетоэлектрик и магнетонный кристалл – сегнетоэлектрик - магнетонный кристалл. Исследовано влияние электрического и магнитного поля, а также амплитуды входного сигнала на положение полос непропускания в таких структурах.

Четвертая глава содержит результаты экспериментального исследования теоретически обнаруженных нелинейных эффектов в структурах связанных ферромагнитных пленок, связанных магнетонных кристаллов, а также структуре магнетонный кристалл – сегнетоэлектрик. Следует отметить, что экспериментальное исследование проводилось как при помощи радиофизических методов, так и с использованием оптического зондового метода Манделштам - Бриллюэновской спектроскопии. Проведено сравнение полученных теоретических и экспериментальных данных и получено хорошее соответствие между ними.

В заключении изложены наиболее важные результаты и выводы диссертационной работы.

Научная ценность и новизна.

Все полученные в диссертации результаты являются новыми. Среди полученных результатов наиболее важными являются следующие.

1. Построена нелинейная волновая модель распространения спиновых волн в структуре связанных магнетонных кристаллов как для случая нормального намагничивания, так и для случая касательного намагничивания.

2. Обнаружен эффект двойного нелинейного переключения, определены уровни мощности и параметры геометрии структуры при которых он реализуется.
3. Исследован механизм подавления линейной перекачки в структуре связанных ферромагнитных пленок. Показано, что он обусловлен увеличением разности фаз распространяющихся волн при увеличении амплитуды входного сигнала.

Практическая ценность работы состоит в том, что полученные результаты открывают возможности для создания новых устройств спин-волновой электроники в диапазоне СВЧ с возможностью динамического управления внешним электрическим и магнитным полем, в частности, узкополосных фильтров, устройств пространственного разделения сигналов разного уровня мощности, частотного мультиплексирования/демультиплексирования сигналов.

Достоверность выводов и результатов диссертации не вызывают сомнений. В работе используются общепринятые теоретические подходы, ограничения выбранных математических моделей обоснованы. Результаты теоретических исследований подтверждаются полученными экспериментальными данными. Основные выводы находятся в соответствии с известными теориями и публикациями других авторов.

Недостатки и замечания по работе:

1. В работе теоретически и экспериментально описаны одиночные и двойные нелинейные переключения разных типов. При этом рабочая частота выбиралась в области перекрытия двух запрещенных зон, формирующихся в структуре связанных магнетонных кристаллов. Из текста диссертации не ясно, чем обусловлен выбор данной частоты и как изменяются характеристики этих эффектов, если изменить рабочую частоту и уйти из области перекрытия запрещенных зон.
2. В тексте диссертации не обсуждаются сходство и различия между целевыми солитонами в магнетонных кристаллах и солитонов, формирующихся в магнитных пленках постоянной толщины. Комментарии автора здесь были бы желательны.
3. В первой главе приведено известное аналитическое решение системы уравнений, описывающей распространение нелинейных спиновых волн в связанных регулярных волноводах. Было бы желательным также привести решения для двух связанных периодических волноводов.

4. В главе 2 исследованы разные геометрии связанных магнитных периодических волноводов. Однако на рисунках приведены зависимости пороговых амплитуд двойного нелинейного переключения только для структуры с малым расстоянием между волноводами. Остается непонятным, почему не приведены результаты для сравнительно большого расстояния между волноводами. Комментарии автора здесь были бы желательны.
5. При исследовании щелевых солитонов в диссертации приведены только результаты расчетов амплитудных профилей. Для подтверждения солитонной природы нелинейных импульсов было бы желательно привести также расчеты фазовых профилей.
6. В тексте диссертации и в автореферате встречаются опечатки.

Отмеченные недостатки не являются принципиальными и не влияют на общую положительную оценку диссертации и не снижают значимости полученных результатов.

Итоговое заключение

В целом диссертационная работа представляет собой серьезное исследование, выполненное на высоком научном уровне. В ней получен ряд новых важных результатов по решению задач распространения нелинейных спиновых волн в композитных ферромагнитных и мультиферроидных структурах. Актуальность исследования, личный вклад автора и практическая значимость полученных результатов не вызывают сомнений. Основные выводы и положения, выносимые на защиту, представляются обоснованными и достоверными. По результатам диссертации опубликовано 37 работ, из них 5 статей, входящих в наукометрические базы Scopus и Web of Science, а также рекомендованные ВАК РФ для публикации материалов кандидатских и докторских диссертаций.

Диссертация написана хорошим языком, аккуратно оформлена, все результаты в работе излагаются достаточно подробно. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа Матвеева Олега Валерьевича удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям согласно пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждения ученых степеней» (утверждено постановлением

