

## ОТЗЫВ

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

Диссертационная работа О.В. Матвеева посвящена исследованию распространения электромагнитных волн в слоистых структурированных ферромагнитных средах на основе магнетонных кристаллов, обладающих отличающимися от однородных пленок электродинамическими и нелинейными характеристиками. Наличие пространственного периода приводит к возникновению в спектре спиновых волн брэгговских запрещенных зон, позволяющих создавать перестраиваемые магнитным полем узкополосные фильтры. В связи с актуальностью задачи интеграции магнитоэлектронных устройств важно изучение особенностей распространения спиновых волн в связанных магнитных структурах. Использование композитных мультиферроидных структур открывает возможности для создания электрически перестраиваемых СВЧ устройств. Особенности распространения волн в связанных периодических структурах, в том числе мультиферроидных, в настоящее время изучены недостаточно. В прикладном плане указанные исследования представляют интерес для создания устройств с широкими функциональными возможностями для обработки информации в диапазоне сверхвысоких частот и находятся в центре внимания ученых и специалистов, занимающихся соответствующими разделами радиофизики. Таким образом, тема диссертационной работы Матвеева О.В. является актуальной и соответствует специальности 01.04.03 – радиофизика .

Диссертация состоит из четырех глав.

В первой главе приведен обзор основных теоретических и экспериментальных подходов при исследовании нелинейных эффектов, сопровождающих распространение магнитоэлектронных волн в одиночном магнетонном кристалле. Приведены результаты численного исследования процессов образования щелевых солитонов и сдвига брэгговской запрещенной зоны, взятые как из литературных источников, так и полученные автором. Приведены оригинальные результаты, касающиеся построения и исследования нелинейной модели, описывающей распространение магнитоэлектронных волн в слоистой

структуре, состоящей из двух однородных ферромагнитных пленок на длинах, больших длины линейной перекачки. Представлен вывод математической модели, описывающей динамику огибающих магнитостатических волн в структуре двух связанных магнетонных кристаллов в случаях касательного и нормального намагничивания.

Во второй главе представлены результаты численного исследования моделей слоистых структур, на основе двух магнетонных кристаллов и магнетонного кристалла и однородной ферромагнитной пленки. Показано, что в случае подачи входного сигнала в один из слоев связанной структуры реализуются различные режимы разделения сигнала по слоям при увеличении амплитуды сигнала. Характер разделения зависит от значений и взаимных соотношений коэффициентов связи, входящих в модельные уравнения и определяемых геометрией структуры. При анализе длина структуры выбиралась кратной числу полудлин линейной перекачки энергии между связанными слоями. Такая ограниченная структура везде далее ассоциирована с четырехпортовым устройством. Для него, в частности, имеет место эффект, когда входной сигнал при увеличении мощности дважды меняет выходной порт. Этот эффект в дальнейшем называется "эффектом двойного нелинейного переключения". Для случая несимметричной структуры (магнетонный кристалл - ферромагнитная пленка) указаны параметры геометрии и способы возбуждения структуры для наблюдения как "одиночного", так и "двойного нелинейного переключения".

В третьей главе приведены выводы дисперсионных уравнений гибридных электромагнитно-спиновых волн в композитных мультиферроидных структурах магнетонный кристалл - сегнетоэлектрик и магнетонный кристалл - сегнетоэлектрик - магнетонный кристалл. Объяснены механизмы формирования запрещенных зон в спектре этих волн. Получено дисперсионное соотношение для гибридных электромагнитно-спиновых волн в структуре магнетонный кристалл - сегнетоэлектрик и исследовано влияние нелинейности магнитной и электрической подсистем на положение и ширину запрещенных зон.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований с применением Мандельштам-Бриллюэновской спектроскопии "эффектов нелинейного переключения" в структурах связанных ферромагнитных пленок и связанных магнетонных кристаллов. Кроме этого проведено исследование спектров гибридных электромагнитно-спиновых волн в структуре магнетонный кристалл - сегнетоэлектрик в линейном и нелинейном режимах. Наблюдается качественное и количественное соответствие с результатами, полученными при численном

моделировании.

По содержанию диссертации можно сделать следующие замечания:

- Диссертация недостаточно хорошо структурирована. Встречаются многократные повторения некоторых однотипных по смыслу фрагментов в тексте работы. Например, это касается описания вывода систем уравнений для исследуемых структур.
- При численном исследовании математических моделей не учитывалось влияние диссипации на динамику волн в связанных структурах. Было бы интересно проследить влияние как линейного, так и нелинейного затухания спиновых волн в какой-либо из исследуемых структур на получаемые результаты. В частности, это дало бы дополнительную информацию при сопоставлении результатов численного и физического экспериментов и их интерпретации. Однако это не было сделано в работе.
- На рисунке 1.17 расходятся значения  $A_{пл}$  для кривых 3 и 4 в точке с одним и тем же набором параметров ( $H=485$  Э,  $D=30$  мкм,  $M_0=140$  Гс).
- В диссертации встречаются опечатки в тексте (в том числе и искажающие смысл, например, стр. 69, 134 - " $V=0.005$  см/с" ) и путаница в обозначениях на рисунках (например, рис. 1.14, рис. 5).

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

Результаты диссертационной работы в полной мере представлены в печати: опубликованы в 5 статьях в научных журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации материалов кандидатских и докторских диссертаций, а также ряде других изданий (37 работ). Материалы диссертации докладывались на различных всероссийских и международных конференциях и семинарах.

Научные положения и выводы, сформулированные в диссертации являются обоснованными и достоверными. Это подтверждается согласованностью результатов, полученных численными методами, с теорией и данными физического эксперимента а также с имеющимися теоретическими и экспериментальными результатами, опубликованными независимыми исследователями.

В автореферате правильно и достаточно полно изложены основные идеи и выводы диссертации, отражен вклад автора в проведенное исследование, четко указаны степень новизны и научно-практической значимости полученных

