

Распространение спиновых волн в низкочастотном и высокочастотном диапазонах в многослойных магнетонных кристаллах

А.С. Пташенко, С.А. Одинцов, А.В. Садовников

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Аннотация: в данной работе была продемонстрирована возможность распространения и контроля спиновых волн в магнетонных кристаллах, которые состоят из двух слоев с различной величиной намагниченности насыщения. Была также показана возможность отбора спиновых волн в режиме невзаимного распространения. Полученные результаты свидетельствуют о том, что двухслойные спин-волновые волноводы могут использоваться для изготовления многоканальных фильтров или логических устройств в магнетонике.

Ключевые слова: спиновые волны, магнетоника, магнетонный кристалл, многослойные волноводы.

1. Введение

В течение многих лет исследователи проявляют большой интерес к многослойным пленкам на основе ферромагнитных материалов, которые поддерживают распространение спиново-волновых сигналов. Эти материалы становятся все более популярными благодаря технологическим прорывам в создании магнитных слоев на немагнитных подложках и идеям использования волн намагничивания для обработки информационных сигналов [1]. Использование многослойных диэлектрических пленок из железоиттриевого граната (ЖИГ) обеспечивает проявление эффекта не взаимности, а также имеет преимущества перед слоистыми структурами ЖИГ/металл, благодаря значительно меньшим потерям спин-волн в двухслойной пленке ЖИГ, состоящей из слоев с различными значениями намагниченности. Одними из наиболее перспективных кандидатов на эффективную связь спиновых волн между функциональными единицами магнетонной сети являются пространственно-неоднородные магнитные структуры [2]. Пространственно-неоднородные магнитные структуры являются перспективными кандидатами для эффективной связи спиновых волн между функциональными единицами магнетонной сети, включая создание магнетонных кристаллов (МК), которые широко используются для вычислений на основе спиновых волн. [4]. Особенности пространственной и частотной фильтрации МК имеют явные преимущества в магнетонных приложениях [6]. Следовательно, использование многослойных пространственно-структурированных пленок феррит-гранатов может стать основой для следующего поколения энергоэффективных компьютерных технологий на основе принципов магнетоники [3].

2. Исследование распространения спиновых волн в двухслойных пленках

Рис. 1 показывает схематическое изображение исследуемых систем, которые представляют собой двухслойные ферритовые пленки на основе железоиттриевого граната (ЖИГ), сделанные в двух вариациях. Первая — это структура с магнетонным кристаллом (МК) на поверхности (рис.1 б), а вторая — это простой двухслойный волновод (рис.1 а). На подложке из гадолиний галлиевого граната (ГГГ) расположен слой чистого ЖИГ толщиной $t_1=6.9$ мкм с намагниченностью насыщения $4\pi M_1=904$ Гс, а на нем — слой ЖИГ толщиной $t_2=7.8$ мкм с намагниченностью насыщения $4\pi M_2=1759$ Гс. Волновод помещался в однородное внешнее магнитное поле $H_0=670$ Э, ориентированное вдоль оси x , для эффективного возбуждения поверхностных магнетостатических волн (ПМСВ) [6]. Ширина канавки составлял $w_d=200$ мкм, таким

образом период структуры составлял $L=400$ мкм, а $t_d=1$ мкм.

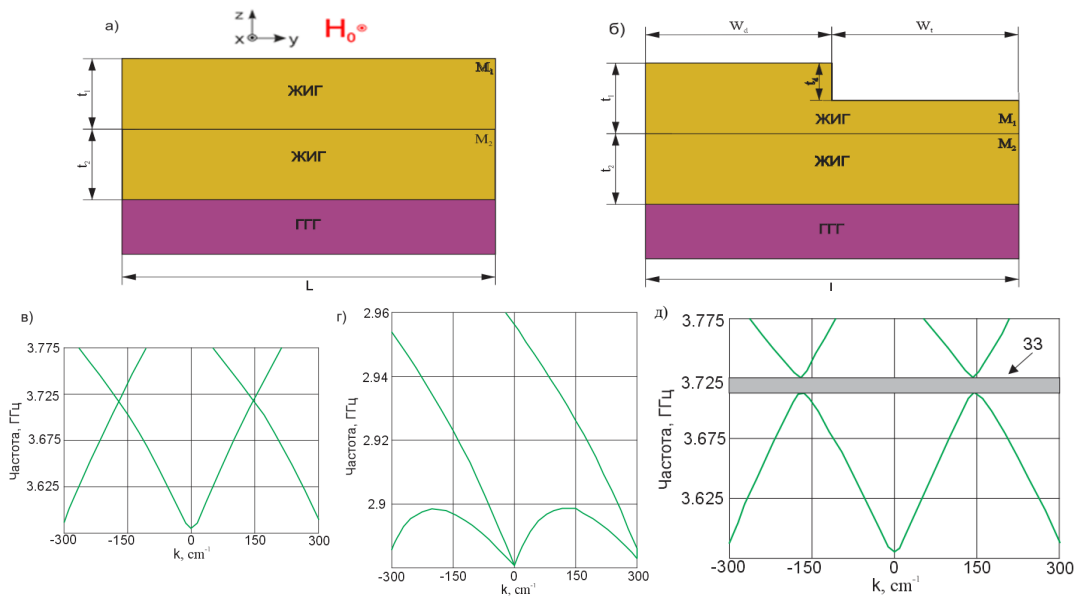


Рисунок 1. Схема рассматриваемой структуры в двух конфигурациях: двуслойный волновод(а), двуслойный волновод с МК на поверхности (б). Дисперсионные характеристики спиновых волн в двуслойном волноводе с отличающимися намагниченностями в слоях: (г) НЧ область, (в) ВЧ область, (д) ВЧ область в структуре с МК.

Рисунки 1г и 1в демонстрируют результаты исследований структур, изображенных на рисунке 1а. Причем можно наблюдать и НЧ, и ВЧ полосы частот. Также заметно, что изменение поляризации поля приводит к значительным изменениям в дисперсии, особенно в области НЧ. Это позволяет сделать вывод о том, что в двуслойной структуре наблюдается сильное невзаимное поведения спиновых волн.

На рисунке 1д продемонстрирована дисперсионная характеристика СВ в структуре с магнетонным кристаллом, изображенным на рисунке 1б. В высокочастотной области происходит формирование запрещенной зоны (33, отмеченная на рис.2), однако в низкочастотной области изменений не наблюдается. Это позволяет заключить, что МК оказывает влияние на спектр прохождения спиновых волн.

3. Заключение

Проведенные исследования подтвердили возможность распространения спиновых волн как в низкочастотном, так и в высокочастотном диапазонах частот, а также возможность фильтрации сигнала на частотах запрещенных зон. Эти результаты открывают новые перспективы для создания магнетонных устройств с невзаимным поведением спиновых волн, которые могут использовать нелинейные свойства последних.

Работа выполнена при поддержке **гранта Российского научного фонда (проект № 23-29-00610)**.

Список литературы

1. С. А. Никитов и др.// УФН 190 1009–1040 (2020).
2. V. E. Demidov et al. // Appl. Phys. Lett. 2015.
3. A.G. Gurevich, G.A. Melkov “Magnetization Oscillations and Waves”. CRC Press, London, 1996.
4. A.V. Chumak et al. // Nature Phys 11. 2015. 453–461.
5. R.W. Damon, J.R. Eshbach. // J. Phys. Chem. Solids. 19. 1951.
6. G. Gubbiotti et al. // J. Phys. D: Appl. Phys. 2010. 43 264003.