

**А.В. Садовников, А.А. Грачев, С.А. Одинцов,
С.Е. Шешукова, Е.Н. Бегинин, Ю.П. Шараевский**

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

Ответвитель СВЧ сигнала с двойным управлением на основе латерально связанных планарных мультиферроидных структур

Показана возможность создания управляемого ответвителя электромагнитных спиновых волн в латерально связанных мультиферроидных структурах конечной ширины, образованных из тонкопленочных магнитных волноводов с сегнетоэлектрической нагрузкой. Показана возможность управления спектром собственных мод и дисперсионными характеристиками симметричных и антисимметричных мод с помощью вариации параметров сегнетоэлектрического слоя. Показана возможность управления длиной перекачки электромагнитных спиновых волн при изменении напряженности постоянного электрического поля.

Ключевые слова: сегнетоэлектрик, мультиферроик, ЖИГ, ответвитель

В последнее время большой интерес представляет исследование волноведущих слоистых структур типа феррит-сегнетоэлектрик (ФС), демонстрирующих электронную перестройку [1,2] вследствие наличия одновременно магнитоэлектрического и электродинамического эффектов. На основе связанных ФС-структур возможно создание перестраиваемых электрическим полем СВЧ фазовращателей и ответвителей [1]. Экспериментально показано, что связь между электрической и магнитной подсистемами дает возможность изменять диэлектрические свойства с помощью магнитного поля для слоистых ФС структур [2], однако связанные ФС структуры в настоящий момент исследованы недостаточно подробно.

В данной работе рассмотрено распространение электромагнитных спиновых волн (ЭМСВ) в латерально связанных мультиферроидных структурах конечной ширины [3], образованных из тонкопленочных магнитных волноводов с сегнетоэлектрической нагрузкой. Рассмотрены магнитные волноводы толщиной 10 мкм и шириной 200 мкм, зазор между волноводами составляет 40 мкм. Располагающийся на волноводах сегнетоэлектрический (СЭ) слой имеет толщину 200 мкм и ширину 840 мкм. Рассматривается распространение поверхностной волны в пленке в направлении оси z . Внешнее магнитное поле H_0 направлено вдоль положительного направления оси x и составляет 1200 Э. Численное моделирование проводилось методом конечных элементов (МКЭ), реализованным в пакете программ COMSOL. Расчетная область для численного моделирования и пространственное распределение компоненты поля E_x для собственных симметричных и антисимметричных мод связанной структуры показана на рис.1.

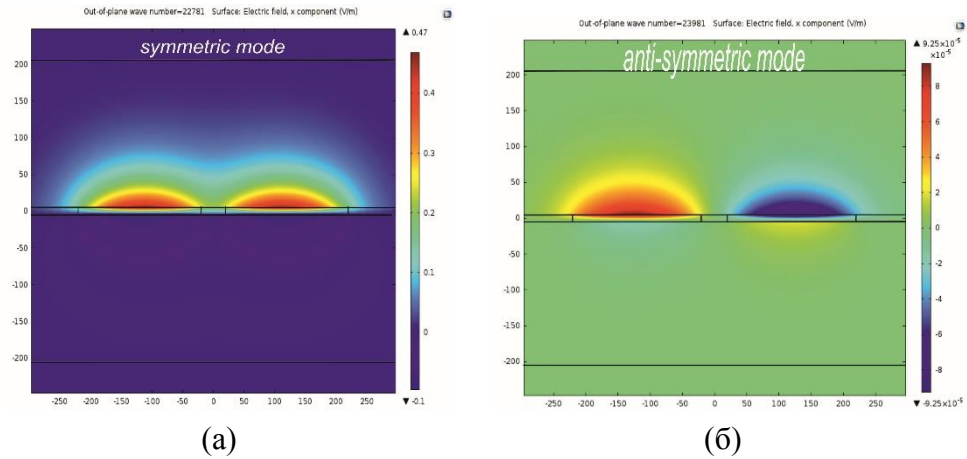


Рисунок 1.

Рассмотрены два случая расположения сегнетоэлектрического слоя – между и над латерально связанными магнитными волноводами. Методом конечных элементов проведен расчет электродинамических характеристик ЭМСВ в системе двух латерально связанных ЖИГ-волноводов с сегнетоэлектрической нагрузкой с учетом многомодового характера распространения излучения.

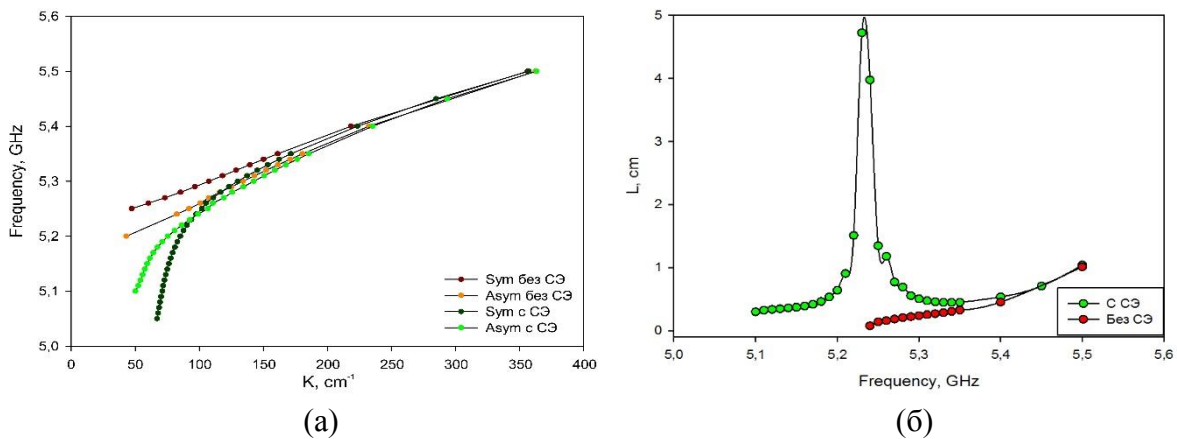


Рисунок 2.

С помощью МКЭ проводился расчет спектра собственных мод. На рис.2а показаны дисперсионные характеристики для первых поперечных симметричных и антисимметричных мод в случае наличия сегнетоэлектрического слоя и без него. Видно, что влияние сегнетоэлектрической нагрузки (величина диэлектрической проницаемости составляет 4000) приводит к увеличению значений продольного волнового числа, также наблюдается пересечение дисперсионных характеристик симметричной и антисимметричной моды на частоте 5.22 ГГц.

На рисунке 2б приведена частотная зависимость периода перекачки энергии для первой собственной моды. В случае отсутствия СЭ слоя видно возрастание периода биений с ростом частоты, но при внесении СЭ нагрузки, при частоте ниже ФМР имеется область сильного возрастания L , связанная с пересечением дисперсионных характеристик. С увеличением частоты реализуется предельный случай, соответствующий отсутствию СЭ нагрузки.

Таким образом, было проведено численное моделирование динамики распространения волн в системе двух латерально связанных ЖИГ-волноводов с сегнетоэлектрической

нагрузкой. Построены дисперсионные характеристики, исследовано распределение полей собственных мод ЭМСВ, обнаружены изменения картины зависимости периода биений от частоты в случае наличия сегнетоэлектрика. Проведен расчет спектра собственных мод латерально связанной структуры и проведена оценка эффективности гибридизации для первых поперечных симметричных и антисимметричных мод.

В численном эксперименте показана возможность управления длиной перекачки ЭМСВ при изменении напряженности постоянного электрического поля. Показана возможность двойного управления периодом перекачки в рассматриваемой структуре.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (№ 14-19-00760), РФФИ (№ 13-07-12409, 15-07-05901) и стипендии президента РФ (СП-313.2015.5, СП-1551.2013.5).

Библиографический список

1. Nan C.-W. Multiferroic magnetoelectric composites: Historical perspective, status, and future directions / Ce-Wen Nan, M. I. Bichurin, Shuxiang Dong, D. Viehland, G. Srinivasan // – Journal of Applied Physics. – 2008. – № 103. – P. 031101.
2. Semenov A.A. Ferrite-ferroelectric layered structures for electrically and magnetically tunable microwave resonators / A.A. Semenov, S.F. Karmanenko, V.E. Demidov, B.A. Kalinikos, G. Srinivasana, A.N. Slavin, J.V. Mantese // – Applied Physics Letters. – 2006. – № 88. – P. 033503.
3. Beginin E.N. Multimode Surface Magnetostatic Wave Propagation in Irregular Planar YIG Waveguide/ E.N. Beginin, A.V. Sadovnikov, Yu.P. Sharaevsky, S.A. Nikitov // – Solid State Phenomena. – 2014. – Vol. 215. – pp. 389-393.