

Спектр собственных мод волн, распространяющихся в латерально связанной мультиферроидной структуре

А. А. Грачев,* А. В. Садовников,† Е. Н. Бегинин‡

Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского,
факультет нелинейных процессов, кафедра физики открытых систем
Россия, 410012, Саратов, ул. Астраханская, д. 83

В работе рассмотрена система двух латерально связанных ЖИГ-волноводов с сегнетоэлектрической нагрузкой. Показана возможность двойного управления периодом перекачки в рассматриваемой структуре.

PACS: 75.30.Ds, 75.50.Bb, 75.78.Cd, 75.78.Jr.

УДК: 537.613:537.622.4:537.621.4:537.876:530.182

Ключевые слова: спиновая волна, ответвитель, связанные структуры.

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, 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 \mathbf{H}_0 направлено вдоль положительного направления оси x и составляет 1800 Э. Численное моделирование проводилось методом конечных элементов (МКЭ), реализованным в пакете программ COMSOL Multiphysics 4.3. Расчетная область для численного моделирования и распределение первых собственных мод для данной структуры показана на рис. 1.

С помощью МКЭ проводился расчет спектра собственных мод. На рис. 2а показаны дисперсионные характеристики для первой и второй поперечных симметричных и антисимметричных мод в случае наличия сегнетоэлектрического слоя и без него. Видно, что вли-

яние сегнетоэлектрической нагрузки приводит к увеличению значений продольного волнового числа, также наблюдается пересечение дисперсионных характеристик симметричной и антисимметричной моды на частоте 7.07 ГГц.

Как известно, период перекачки мощности между волноводами для каждой из поперечных мод определяется соотношением:

$$L_b = \frac{2\pi}{|K_n^s - K_n^{as}|},$$

где K_n^s — волновое число n -ой симметричной моды, K_n^{as} — волновое число n -ой антисимметричной моды. На рис. 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. Показана возможность двойного управления периодом перекачки в рассматриваемой структуре.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 16-37-60093, № 16-37-00217, № 14-02-00976), РНФ (грант № 16-19-10283) и стипендии (СП-313.2015.5) и гранта № МК-5837.2016.9 Президента РФ.

[1] *Ce-Wen Nan et. al.* J. Appl. Phys. **103**. P.031101. (2008).

[2] *Semenov A. A. et al.* APL **88**. P. 033503. (2006).

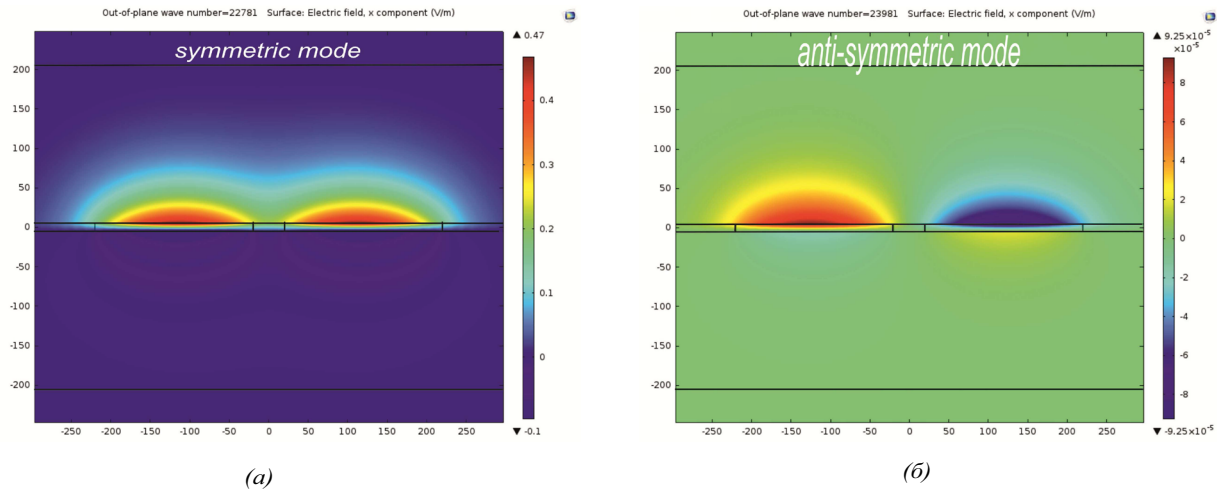


Рис. 1: Расчетная область и пространственное распределение компоненты поля E_x для собственных симметричных и анти-симметричных мод связанной структуры

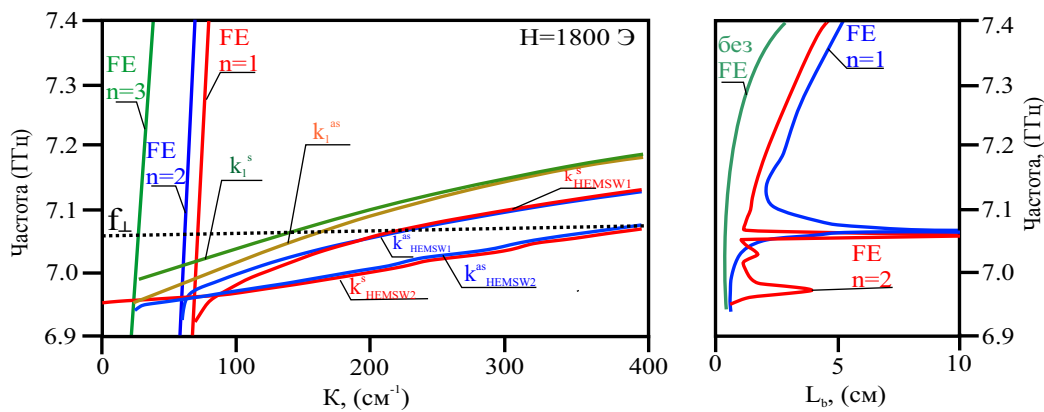


Рис. 2: *a* — Рассчитанные дисперсионные характеристики первых двух симметричных собственных мод для структуры с сегнетоэлектрическим слоем и для структуры без сегнетоэлектрика. *б* — Частотная зависимость периода перекачки мощности между связанными волноводами в случае наличия сегнетоэлектрика и без него

Spectrum of normal modes propagating in laterally coupled multiferroic structure

A. A. Grachev^a, A. V. Sadovnikov^b, E. N. Beginin^c

Department of Open System Physics, Faculty of Nonlinear Process
Saratov State University, Saratov 410012, Russia.

E-mail: ^astig133@gmail.com, ^bsadovnikovav@gmail.com, ^cegbegin@gmail.com

In this paper we consider two laterally coupled YIG waveguide with ferroelectric load. The possibility of dual control of coupling length in the structure was shown.

PACS: 75.30.Ds, 75.50.Bb, 75.78.Cd, 75.78.Jp.

Keywords: spin wave, coupler, coupled structure.

Сведения об авторах

1. Грачев Андрей Андреевич — магистрант; тел.: (452) 51-69-47, e-mail: stig133@gmail.com.
2. Садовников Александр Владимирович — канд. физ.-мат. наук, доцент; тел.: (452) 51-69-47, e-mail: sadovnikovav@gmail.com.
3. Бегинин Евгений Николаевич — канд. физ.-мат. наук, доцент; тел.: (452) 51-69-47, e-mail: egbegin@gmail.com.