

Исследование электродинамических характеристик поверхностных и объемных спиновых волн в системе латерально связанных магнитных микроволноводов

С. А. Одинцов,* А. В. Садовников, Е. Н. Бегинин

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, факультет нелинейных процессов, кафедра нелинейной физики
Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83

В настоящей работе рассматривается структура, состоящая из двух латерально связанных ЖИГ-волноводов, которые могут быть использованы в качестве базовых элементов для создания различных устройств функциональной магнитоэлектроники: волноводов, фильтров, ответвителей.

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

УДК: 537.613:537.622.4:537.621.4:537.876:530.182

Ключевые слова: спиновая волна, ответвитель, связанные структуры.

Связанные планарные ферритовые волноведущие структуры на основе тонких пленок железо-иттриевого граната (ЖИГ) представляют большой интерес из-за возможности управления характеристиками распространения в них волн различных типов (поверхностных и объемных) [1]. В настоящей работе рассматривается структура, состоящая из двух латерально связанных ЖИГ-волноводов, которые могут быть использованы в качестве базовых элементов для создания различных устройств функциональной магнитоэлектроники: волноводов, фильтров, ответвителей [2].

В настоящей работе исследованы эффекты многомодового распространения электромагнитных волн в системе латерально связанных ЖИГ волноводов. Рассмотрены магнитные волноводы толщиной 10 мкм и шириной 200 мкм, зазор между волноводами составляет 40 мкм. Экспериментально структура с такими параметрами рассмотрена в работе [3]. Численное моделирование проводилось двумя методами — методом конечных элементов (МКЭ), реализованным в пакете программ COMSOL Multiphysics 4.3, и методом конечных разностей во временной области, основанным на свободно распространяемом численном коде muph3 [4]. Расчетная область для численного моделирования показана на рис. 1. С помощью МКЭ проводился расчет спектра собственных мод. На рис. 2а показаны дисперсионные характеристики для трех первых поперечных симметричных и антисимметричных мод. На рисунке можно увидеть изгиб дисперсионной характеристики первой моды при приближении к частоте ферромагнитного резонанса, хотя для второй и третьей моды этого не происходит. Это означает, что отсечка для первой моды выше, чем для второй и третьей. 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 L_b — период перекачки мощности между волноводами, k_n^s — волновое число n -ой симметричной моды, k_n^{as} — волновое число n -ой антисимметричной моды.

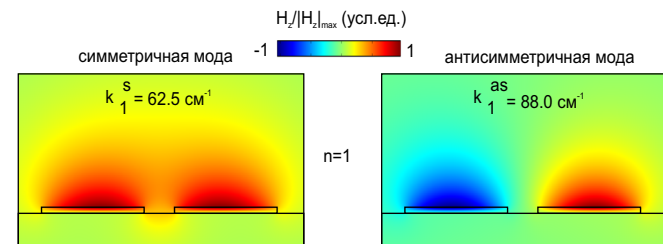


Рис. 1: Расчетная область для численного моделирования и распределение компоненты E_x для первой симметричной и антисимметричной моды

На рис. 2б показана зависимость периода перекачки от частоты для трёх мод в структуре из двух латерально связанных плёнок ЖИГ, рассчитанная из результатов подсчётов в COMSOL Multiphysics и для сравнения приведён график этой же зависимости для первой моды подсчитанной в muph3. Наблюдается хорошее соответствие результатов. Изгиб на графике зависимости из muph3 соответствует особенностям расчёта в этой программе, точнее из-за ограничения расчётной области.

В реальном эксперименте, рассмотренном в работе [3] было выявлено, что влияние высших и шириных мод категорически важно, так как их вклад в перекачку влияет на передачу мощности между двумя волноводами. Этот эффект так же наблюдался и в теоретических расчётах, что доказывает важность его рассмотрения.

Таким образом, было проведено численное моделирование и исследование динамики распространения волн в системе двух ограниченных в поперечном направлении ЖИГ-волноводов, латерально связанных между собой. Построены дисперсионные характеристики, исследовано распределение полей собственных мод ПМСВ, рассмотрена зависимость периода перекачки от частоты в этой структуре. На основе этого справедливо утверждение, что используя различные конфигурации структур из плёнок ЖИГ волноводов, воз-

*E-mail: odinoff@gmail.com

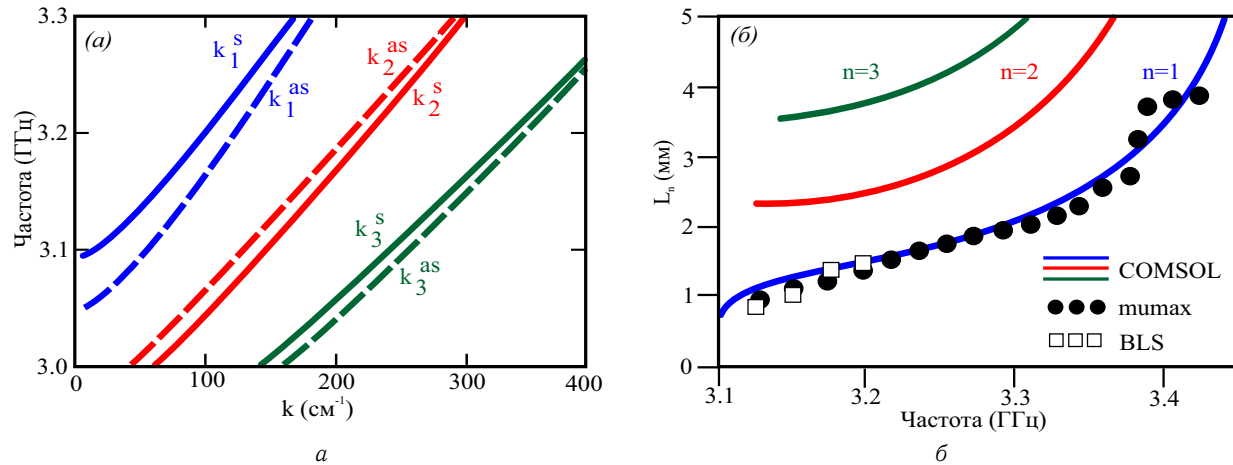


Рис. 2: *a* — Дисперсионные характеристики для трёх первых симметричных и асимметричных мод ЖИГ волновода, *б* — зависимость периода перекачки от частоты для трёх первых симметричных и асимметричных мод ЖИГ волноводов

можно создание направленных ответвителей, с внешним управляющим параметром в виде магнитного поля. Также необходим подробный учёт влияния высших мод на перекачку энергии между плёнками, так как воздействие второй и третьей моды перекачка энергии может осуществляться частично или не осуществляться

ся вовсе.

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

- [1] *Serga A. A., Chumak A. V., Hillebrands B.* J. Phys. D: Appl. Phys. **43**, 264002. (2010).
 [2] *Lenk B.* et al. Phys. Rep. **507**, P. 107. (2011).

- [3] *Sadovnikov A. V.* et al. APL. Submitted (2015).
 [4] *Vansteenkiste A.* et al. AIP Advances. **4**, 107133 (2014).

Investigation of dynamic characteristics of surface and bulk spin waves in the system laterally coupled magnetic microwaveguide

S. A. Odintsov^a, A. V. Sadovnikov, E. N. Beginin

*Department of Nonlinear Physics, Faculty of Nonlinear Processes, Saratov State University
 Saratov 410012, Russia*

E-mail: ^aodinoff@gmail.com

In this paper we consider a structure consisting of two laterally related YIG-waveguide, which can be used as basic elements to create a variety of functional devices magneto-electronic: waveguides, filters, couplers.

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

Keywords: spin wave, coupler, coupled structure.

Сведения об авторах

- Одинцов Сергей Александрович — магистрант; тел.: (452) 51-39-67, e-mail: odinoff@gmail.com.
- Садовников Александр Владимирович — канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник, доцент; тел.: (452) 51-39-67, e-mail: sadovnikovav@gmail.com.
- Бегинин Евгений Николаевич — канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник, доцент; тел.: (452) 51-39-67, e-mail: egbegin@gmail.com.