

## Планарный нерегулярный микроволновод как элемент межсоединения в магنونных сетях

А.А. Мартышкин, С.А. Одинцов, В.А. Губанов, А.А. Грачев, С.Е. Шешукова, А.В. Садовников

СГУ им. Н.Г. Чернышевского

**Аннотация:** в настоящей работе исследовались нерегулярные планарные ферритовые волноведущие структуры. Получены дисперсионные характеристики с помощью двумерного Фурье преобразования по пространственно-временной реализации  $m_z$  компоненты динамической намагниченности. Продемонстрирована возможность трансформации поверхностной магнитостатической волны в объемно обратную магнитостатическую волну в нерегулярной части волновода.

**Ключевые слова:** волновод, магنونика, магنونные сети, межсоединения, железо-иттриевый гранат, поверхностные магнитостатические волны

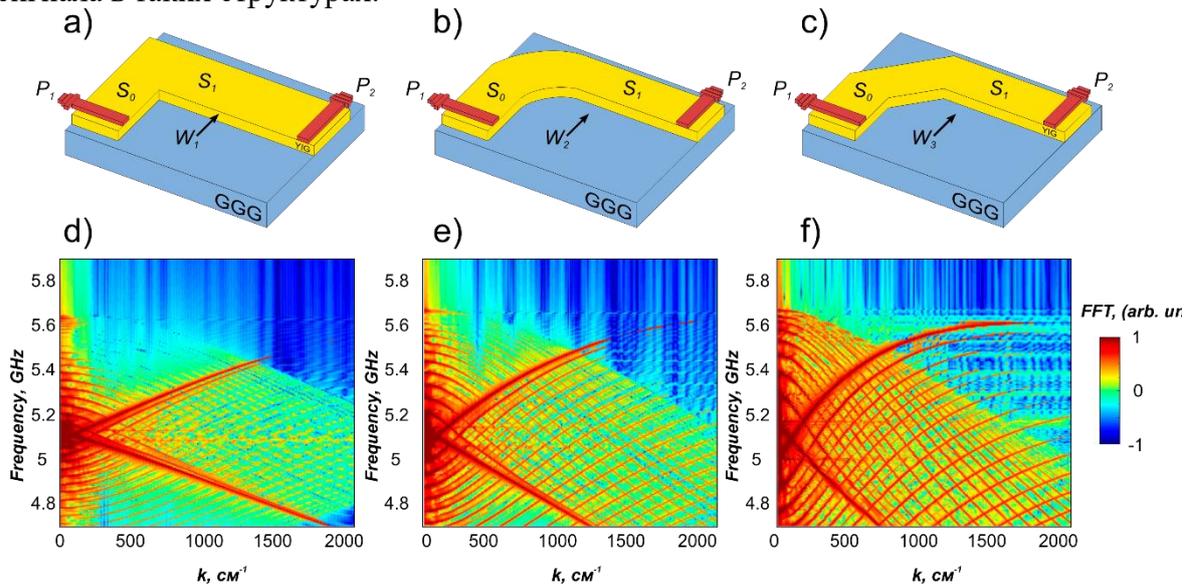
### 1. Введение

Спин-волноведущие структуры, сформированные из магнитных плёнок микро- и нанометровых размеров, представляют большой интерес [1]. Такие структуры могут быть использованы как базовые элементы магنونных сетей для создания различных функциональных устройств: ответвителей, интерферометров, мультиплексоров [2, 3]. Спиновые волны являются перспективными переносчиками информационных сигналов, путем структурирования магнитного материала на диэлектрической подложке оказывается возможным управлять свойствами магнитостатических волн. Спиновые волны являются перспективными переносчиками информационных сигналов, как было показано в ряде работ [2,4-5]. В качестве магнитного материала были выбраны пленки железо-иттриевого граната (ЖИГ), демонстрирующие низкие величины затухания спиновых волны [6]. Пленки толщиной 10 мкм формируются методом ионно-лучевого распыления с последующим отжигом.

### 2. Результаты

В данной работе исследована динамика распространения магнитостатических спиновых волн в нерегулярных планарных волноводах микронных размеров, схематические изображения которых приведены на рис. 1 (а-с). На подложке из галлий-гадолиниевого граната [(GGG)  $Gd_3Ga_5O_{12}$  (111)] толщиной 500  $\mu m$  формируются магнитные микроволноводы шириной 500  $\mu m$  из железо-иттриевого граната толщиной = 1  $\mu m$  [(YIG)  $Y_3Fe_5O_{12}$  (111)] и намагниченностью насыщения  $M_0 = 1.39 \cdot 10^5$  А/м. Константа неоднородного обмена пленки ЖИГ полагалась равной  $A_{ex} = 3.614 \cdot 10^{-12}$  Дж/м. Направление внешнего магнитного поля  $\vec{H}_0$  выбиралось в плоскости волновода по направлению оси Оу для эффективного возбуждения поверхностной магнитостатической спиновой волны. Используя микромагнитное моделирование была решена задача о возбуждении и распространении спиновых волн СВ в Г-образных планарных структурах. На рис. 1 (d-f) показаны дисперсионные характеристики исследуемых структур методом двумерного Фурье-преобразования по пространственно-временной реализации  $m_z$  компоненты динамической намагниченности. Область пересечения дисперсионных характеристик для поверхностной магнитостатической спиновой волны и обратно объемной

магнитоэстатической спиновой волны свидетельствует о возможности поворота сигнала в таких структурах.



**Рисунок 1.** Схематическое изображение исследуемых структур: а) перпендикулярное соединение, б) соединение со скруглением, с) соединение под углом 45 градусов. Дисперсионные характеристики для поверхностной и обратной объемной магнитоэстатической волны в структуре с d) перпендикулярным соединением, е) соединением со скруглением, ф) соединением под углом 45 градусов.

### 3. Заключение

Используя Г-образные структуры волноводов показана возможность трансформации поверхностной магнитоэстатической спиновой волны в объемно обратную магнитоэстатическую спиновую волну в нерегулярной части волноведущей структуры. Возможность создавать спин-волноведущие структуры с поворотом волны в планарной плоскости является преимуществом при создании устройств спинтроники. Последнее обстоятельство является важным на пути миниатюризации трехмерных магнетонных сетей в устройствах нейроморфной обработки информационного сигнала.

Исследование выполнено за счет гранта **Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-37-00482)**.

#### Список литературы

1. Sadovnikov A. V., Davies C. S., Kruglyak V. V., Romanenko D. V., Grishin S. V., Beginin E. N., Sharaevskii Y. P., Nikitov S. A. // *Phys. Rev. B* 96, 060401 (2017)
2. V. V. Kruglyak, S. O. Demokritov, and D. Grundler, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 43, 264001 (2010)
3. S. A. Nikitov, D. V. Kalyabin, I. V. Lisenkov, A. N. Slavin, Y. N. Barabanenkov, S. A. Osokin, A. V. Sadovnikov, E. N. Beginin, M. A. Morozova, Y. P. Sharaevsky, Y. A. Filimonov, Y. V. Khivintsev, S. L. Vysotsky, V. K. Sakharov, and E. S. Pavlov. // *Phys. Usp.* 185, 1099 (2015)
4. A. V. Sadovnikov, A. A. Grachev, S. E. Sheshukova, Yu. P. Sharaevskii, A. A. Serdobintsev, D. M. Mitin, and S. A. Nikitov. // *Phys. Rev. Lett.* 120, 257203 (2018)
5. A. Khitun, M. Bao and K. L. Wang. // *J. Phys. D* 43, 264005 (2010).
6. A. G. Gurevich and G. A. Melkov, *Magnetization Oscillations and Waves* (CRC-Press, London, New York, 1996)