

Спин-волновой интерферометр Маха-Цендера, управляемый локальными деформациями

А.А. Грачев¹, А.А. Мартышкин¹, С.Е. Шешукова¹, А.В. Садовников^{1,2}, С.А. Никитов^{1,2}

¹СГУ им. Н.Г. Чернышевского

²Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова

Аннотация: в настоящей работе с помощью численного моделирования и экспериментальных измерений на основе метода Мандельштам-Бриллюэновской спектроскопии магнитных материалов проведено исследование динамика спиновых волн, распространяющихся в нерегулярном магнитном микроволноводе в геометрии типа интерферометр Маха-Цендера с пьезоэлектрическим слоем. Показано, что с использованием локальных управляемых деформаций становится возможным контролировать свойства спин-волнового транспорта.

Ключевые слова: спиновая волна, мультиферроидная структура, управление электрическим полем, микроструктуры

1. Введение

Исследование процессов переноса магнитного момента или спина электрона вместо переноса заряда, открывает новые возможности применения спиновых волн для построения элементной базы приборов обработки, передачи и хранения информации в микроволновом и терагерцевом диапазоне [1,2]. Важным шагом в создании интегральных магнитных схем является проектирование компоновки функциональной части сети с соединением магнитных устройств. Идея спин-волновой связи может быть использована для преодоления предельного расстояния для подавления перекрестного сигнала между соседними элементами. В связи с развитием технологий изготовления планарных интегральных волноведущих мультиферроидных структур типа феррит-сегнетоэлектрик [2] и феррит-пьезоэлектрик [1], демонстрирующих перестройку при изменении величины приложенного внешнего постоянного электрического поля, оказывается возможным интеграция новых научных направлений в физики конденсированного состояния: «стрейнтроники» и «магноники». В настоящей работе с помощью численного моделирования и экспериментальных измерений на основе метода Мандельштам-Бриллюэновской спектроскопии магнитных материалов проведено исследование динамика спиновых волн, распространяющихся в нерегулярном магнитном микроволноводе в геометрии типа интерферометр Маха-Цендера с пьезоэлектрическим слоем.

2. Основные результаты

На рисунке 1 схематически показана рассматриваемая структура, состоящая из нерегулярного магнитного микроволновода представляющего конфигурацию интерферометра Маха-Цендера, полученного с помощью метода лазерной резки из плёнки ЖИГ, толщиной 10 мкм, находящейся на подложке из галлий-гадолиниевого граната. На микроволноводе расположен пьезоэлектрический слой цирконата-титаната свинца. Структура помещена в однородное статическое магнитное поле $H = 1488$ Э, направленного вдоль короткой оси микроволновода для эффективного возбуждения ПМСВ. На поверхности пьезоэлектрического слоя (на стороне, где происходит связь с ЖИГ плёнкой) нанесены электроды из хрома, толщиной 150 нм, с помощью метода лазерной резки на данной стороне сформирована система двух

трапеций. На верхней части пьезоэлектрического слоя нанесен электрод из хрома, толщиной 250 нм.

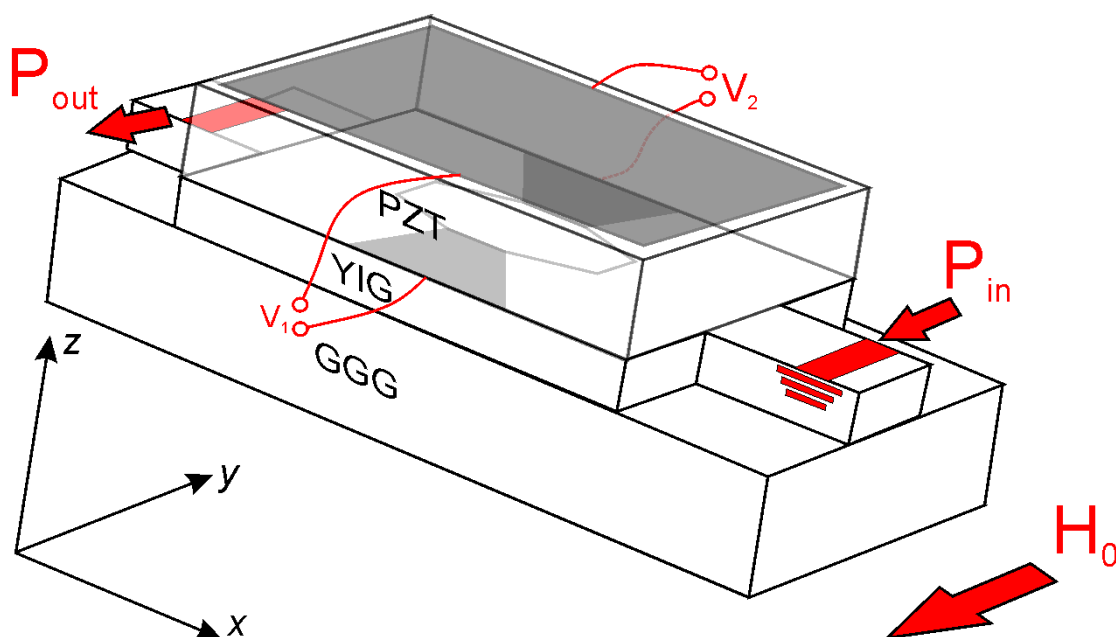


Рисунок 1. Схема рассматриваемой структуры

С помощью метода конечных элементов был произведена оценка влияния деформации на внутренне магнитное поле магнитных микроволноводов. При приложении напряжения $V_c = -250...250$ В к электродам внешнее электрическое поле в пьезоэлектрическом слое будет составлять $E_0 = -10...10$ кВ/см. В этом случае деформация возникает только в локальной области под электродами, вследствие обратного пьезоэффекта деформация передается ЖИГ плёнке, которая в свою очередь так же деформируется. Из-за обратного эффекта магнитострикции в ЖИГ плёнке изменяется внутреннее магнитное поле.

На основе микромагнитного моделирования было проведено исследование спин-волнового транспорта в рассматриваемой системе.

На основе метода Мандельштам-Бриллюэновской спектроскопии продемонстрирована возможность управления локальными деформациями спин-волновой связью в предложенной структуре.

Исследование выполнено за счет гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-37-20005).

Список литературы

1. Sadovnikov, A.V. Magnon Straintronics: Reconfigurable Spin-Wave Routing in Strain-Controlled Bilateral Magnetic Stripes// A.V. Sadovnikov, A.A. Grachev, S.E. Sheshukova, Yu.P. Sharaevskii, A.A. Serdobintsev, D.M. Mitin, and S.A. Nikitov, Physical Review Letters – 2018 – vol. 120, P. 257203
2. Sadovnikov, A.V. Voltage-controlled spin-wave coupling in adjacent ferromagnetic-ferroelectric heterostructures// A.V. Sadovnikov, A.A. Grachev, E.N. Beginin, S.E. Sheshukova, Yu.P. Sharaevskii, and S.A. Nikitov, Physical Review Applied – 2017 – vol. 7, P. 014013
3. Sadovnikov, A.V. Splitting of Spin Waves in Strain Reconfigurable Magnonic Stripe// A.V. Sadovnikov, A.A. Grachev, E.N. Beginin, S.E. Sheshukova, Yu.P. Sharaevskii, A.A. Serdobintsev, D.M. Mitin, S.A. Nikitov IEEE Transactions on Magnetism – 2017 – Vol. 53, P. 1-4