

25 % железа на кобальт приводит к росту  $T_c$  фазы 1:12 в 2 раза. Дальнейшие исследования по данной теме будут направлены на поиск легирующих элементов, которые будут препятствовать выходу кобальта из железной подрешетки, а так же поиск оптимальных условий термообработки для достижения максимальной гомогенности сплава.

Список публикаций:

[1] T. Chen and W. Stutius, "The Phase Transformation and Physical Properties of the MnBi and Mn<sub>1.08</sub>Bi Compounds", *IEEE Mag. Trans. MAG-10*, 581, (1974).

[2] J. Cui, J. Choi, E. Polikarpov, M. E. Bowden, W. Xie, G. Li, Z. Nie, N. Zarkevich, M. J. Kramer, and D. Johnson, "Effect of composition and heat treatment on MnBi magnetic materials", *Acta. Mater.*, 79, 374-381 (2014).

## Геометрические параметры спиральных динамических доменов в эпитаксиальных пленках ферритов-гранатов в переменном магнитном поле с линейным градиентом

Чиркова Софья Александровна

Мехоношин Дмитрий Сергеевич

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

Памятных Лидия Алексеевна, к.ф.-м.н.

[sofijca@yandex.ru](mailto:sofijca@yandex.ru)

Одно из проявлений самоорганизации в магнитных средах – формирование динамических спиральных доменных структур в эпитаксиальных пленках ферритов-гранатов с перпендикулярной анизотропией в переменном магнитном поле [1,2]. При наложении на переменное поле дополнительно постоянного градиентного поля спиральные динамические домены выстраиваются в цепочку вдоль нулевой линии градиента [3]. В [3] показано влияние статического градиентного поля на основные параметры спиральных динамических доменов (размеры и время жизни) при фиксированной амплитуде и частоте поля. В данной работе исследованы закономерности изменения характеристик спиральных доменов в цепочках при варьировании всех трёх параметров магнитного поля: амплитуды, частоты и величины градиента.

Измерения проведены на пленке феррита-граната (111) (YLuBi)<sub>3</sub>(FeGa)<sub>5</sub>O<sub>12</sub> толщиной  $L = 8$  мкм, с намагниченностью насыщения  $M_s = 12$  Гс и фактором качества  $Q = K_u/2\pi M_s^2 = 73$ , где  $K_u$  – константа одноосной анизотропии. Образец помещался в вертикальное переменное магнитное поле  $H(t) = H_0 \sin(2\pi ft)$ , на которое было наложено постоянное градиентное поле, направленное перпендикулярно плоскости образца, вектор градиента лежал в плоскости образца. Визуализация динамической доменной структуры образца осуществлялась при помощи эффекта Фарадея с применением стробоскопической методики. Изображения динамических доменных структур (рис.1) регистрировались камерой Nikon1 (скорость съемки 60 кадров/сек).

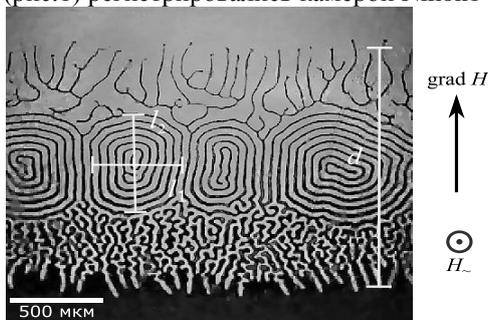


рис.1. Цепочки спиральных динамических доменов в переменном градиентном магнитном поле

В данной работе амплитуда переменного поля варьировалась в диапазоне до 50 Э, градиент поля изменялся до 1600 Э/см, измерения проведены при частотах 1000, 5000 Гц. Измерены поперечный  $l_1$  и продольный  $l_2$  линейные размеры спиральных доменов. Зависимость продольного линейного размера спиральных динамических доменов от амплитуды переменного поля  $H_0$  и градиента поля  $\text{grad } H$  при частоте  $f = 5000$  Гц представлена на рис.2а. Линейные размеры спиральных доменов имеют локальный максимум при градиенте от 200 до 400 Э/см и амплитуде поля от 17 до 23 Э, что отличается от результатов [3], где было установлено, что линейные размеры монотонно уменьшаются с увеличением градиента магнитного поля от нуля. Максимальный линейный размер спиральных доменов в  $\sim 2$  раза превышает их размер в отсутствие градиентного поля. Линейные размеры уменьшаются при приближении к верхней по амплитуде границе существования спиральных доменов. Зависимость поперечного линейного размера  $l_1$  от амплитуды переменного поля и градиента обладает схожим характером: имеет локальный максимум и убывает при приближении к границе существования спиральных доменов. При частоте  $f = 1000$  Гц продольный и поперечный линейные размеры спиральных доменов имеют локальный максимум при градиенте от 200 до 500 Э/см.

Форму зависимости линейных размеров спиральных доменов от амплитуды переменного поля и величины градиента можно объяснить следующим образом. С одной стороны, известно, что время жизни  $T_g$  спиральных доменов увеличивается при наложении постоянного градиентного поля и его росте [3]; в исследуемом образце при частоте 5000 Гц в отсутствие градиентного поля максимальное среднее время жизни составляет 0,8 с, а вблизи области локального максимума линейных размеров ( $\text{grad } H = 290 \text{ Э/см}$ ,  $H_0 = 27 \text{ Э}$ )  $T_g = 4,0 \text{ с}$ . С ростом времени жизни спиральных доменов увеличивается число витков спирали, а значит и линейные размеры. С другой стороны, увеличение градиента магнитного поля ведет к уменьшению ширины области лабиринтной доменной структуры  $d$ , находящейся между двумя однодоменными структурами (рис.2б). Поскольку спиральные домены формируются внутри лабиринтной структуры, то  $l_2 \leq d$ , следовательно, продольный размер будет уменьшаться с увеличением градиента магнитного поля. На рис.2б представлена зависимость усредненного по амплитуде поля при фиксированном градиенте продольного линейного размера  $\langle l_2 \rangle$ , который начиная с  $\text{grad } H \approx 300 \text{ Э/см}$  уменьшается.

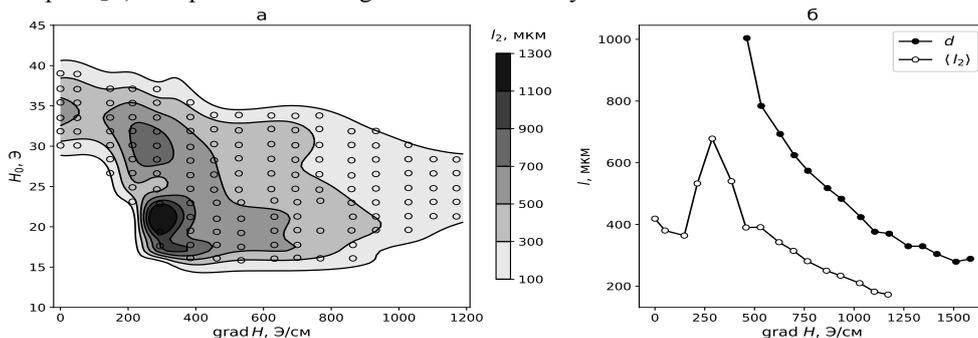


рис.2. а) зависимость продольного линейного размера спиральных доменов от амплитуды переменного поля и величины градиента при частоте 5000 Гц. б) зависимости от градиента магнитного поля ширины области лабиринтной доменной структуры и среднего продольного линейного размера спиральных доменов

Таким образом, в данной работе исследованы закономерности формирования цепочек спиральных динамических доменов в переменном магнитном поле с линейным градиентом. При варьировании амплитуды переменного поля в диапазоне 15–50 Э, градиента поля – до 1600 Э/см и частотах 1000, 5000 Гц получена зависимость линейных размеров спиральных доменов от параметров поля. Установлено, что в диапазоне значений градиента поля 200–400 Э/см существует локальный максимум линейных размеров. Время жизни спиральных доменов в локальном максимуме составляет 4,0 с, что в пять раз превышает максимальное время жизни в отсутствие градиента магнитного поля.

Работа выполнена в рамках базовой части Госзадания Минобрнауки РФ (проект №3.6121.2017).

Список публикаций:

- [1] Кандаурова Г. С. // УФН. 2002. Т. 172. С.1165.
- [2] Успенская Л. С., Рахманов А. Л. // УФН. 2012. Т. 182. С.681.
- [3] Pashko A. G et al. // Solid State Phenomena. 2011. Т. 168. С.227.

## Сравнительные исследования технологически важных параметров тонокленочного сенсорного элемента с гигантским магнитоимпедансным эффектом, полученных экспериментально и моделированием при помощи Comsol

Членова Анна Александровна

Волчков Станислав Олегович, Курляндская Галина Владимировна  
Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина  
Курляндская Галина Владимировна, д.ф.-м.н.  
[chlenova.anna@gmail.com](mailto:chlenova.anna@gmail.com)

Детектирование слабых магнитных полей – широкоостребованная область приложений магнитных материалов и активноразвивающаяся область физики магнитных явлений. В ряду основных характеристик сенсорных элементов следует упомянуть малые размеры, высокую чувствительность по отношению к внешнему магнитному полю, а также устойчивость по отношению к факторам внешней среды. Работа детекторов слабых магнитных полей может быть основана на таких магнитных эффектах, как эффект Холла, индуктивный эффект, эффект анизотропного магнитосопротивления, гигантский магниторезистивный эффект и гигантский магнитоимпедансный эффект и др. Магнитоимпедансный (МИ) эффект – это явление изменения полного электросопротивления магнитного проводника ( $|Z|^2 = |R|^2 + |X|^2$ ) на переменном токе под действием внешнего постоянного магнитного поля, где  $R$  – активная и  $X$  – реактивная составляющие полного электросопротивления [1]. Приложение такого поля приводит к намагничиванию ферромагнитного проводника