

ЭФФЕКТ ПАМЯТИ ФОРМЫ ДОМЕНОВ В ПЛЕНКАХ  
Со-ЗАМЕЩЕННЫХ ФЕРРИТ-ГРАНАТОВ

А. Мажевски, В. В. Волков, П. Гернерт

В последнее время вызывает интерес исследование пленок Со-замещенных феррит-гранатов, что связано с перспективой их применения в магнитооптических устройствах. Как известно, в практически важном интервале длин волн вблизи 1.5 мкм пленки с кобальтом характеризуются более высоким фарадеевским вращением, чем пленки Ви-замещенных гранатов [1]. Статические характеристики доменной структуры и магнитная анизотропия в Со-замещенных образцах обсуждались в [2-4], а в [5, 6] рассматривались их магнитооптические свойства. Динамическое поведение доменной структуры изучалось в [7, 8] на пленках системы  $YCoCaGeFe$ ; здесь с помощью метода фотоэлектронной регистрации магнитооптического сигнала было обнаружено большое магнитное последствие после приложения импульса магнитного поля с большой длительностью.

Цель настоящей работы состояла в исследовании динамики доменных границ в пленках Со-замещенных гранатов методом высокоскоростной фотографии. Представлены данные измерений, выполненных на одном из образцов, ранее изучавшихся в [7, 8]. Пленка была выращена методом жидкофазной эпитаксии из раствора в расплаве  $PbO-B_2O_3$  по описанной в [2] технологии, имела номинальный состав  $Y_2Co_{0.1}Ca_1Fe_{3.9}Ge_1O_{12}$  и ориентацию типа (001). Толщина пленки 7.5 мкм, намагниченность насыщения 100 Гс, период доменной структуры 22.5 мкм. Эффективные поля одноосной и кубической анизотропии, найденные по данным измерений ФМР, составляли  $-750$  и  $-1400$  Э соответственно, эффективное значение гиромангнитного отношения  $1.6 \cdot 10^7$  Э $^{-1} \cdot c^{-1}$ . В качестве источника импульсной подсветки применялся лазер на растворе красителя родамин-6Ж, накачиваемый импульсным азотным лазером; длительность импульсов подсветки 10 нс.

Был исследован процесс намагничивания образца из исходного размагниченного состояния с лабиринтной доменной структурой под действием импульсов поля смещения  $H$ , нормального плоскости пленки. Амплитуда импульсов варьировалась от нуля до 70 Э, а длительность была достаточно короткой (0.4 мкс), чтобы избежать эффектов, связанных с магнитной вязкостью [7]. Проводилось фотометрирование фотоизображений доменной структуры, полученных для различных значений  $H$  при разных временах задержки импульсов подсветки относительно начала импульсов поля; величина сигнала при этом была пропорциональна смещению доменной границы. Данные таких измерений позволили заключить, что динамическая коэрцитивность доменных границ достаточно велика — 15 Э. На исследованном образце так же, как это имеет место и для обычных ЦМД пленок, под действием импульсов  $H$  невыгодно ориентированные относительно поля лабиринтные домены сужаются, на некоторых участках возникают разрывы и формируются цилиндрические домены. Однако если длительность импульса магнитного поля недостаточна для коллапса доменов, то наблюдается своеобразный эффект «памяти формы» доменной структуры. После окончания импульса  $H$  цилиндрические домены увеличиваются в размере и переходят в полосовые, которые срastaются друг с другом так, что восстанавливается исходная доменная структура. Этот процесс является повторяющимся в том смысле, что каждый раз при восстановлении начальной структуры домены разрастаются по одним и тем же траекториям. Если приложенное импульсное поле достаточно для коллапса доменов и достаточно долго воздействует на образец, то после его выключения исходная структура не вос-

становивается. Эффект памяти отсутствует в обычных ЦМД пленках. Так, например, в [9], где исследовались образцы системы  $YGdYbBiFeAl$ , было показано, что если прикладывается импульс поля, вызывающий образование решетки ЦМД, то после его выключения решетка сохраняется.

Эффект памяти формы имеет, вероятно, то же происхождение, что и известное явление стабилизации доменной стенки [10]. Возможно, в местах расположения стенки имеет место локальное упорядочение дефектов, связанных с разновалентными ионами  $Co^{2+}$ ,  $Co^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Ge^{4+}$  и образуется потенциальный рельеф. После перемещения доменной границы этот рельеф сохраняется в течение некоторого времени, что способствует восстановлению исходного расположения границ после окончания импульса поля смещения.

В интервале значений амплитуды импульсного поля от нуля до 70 Э при длительности импульса 0.4 мкс определена зависимость скорости  $v$  доменной стенки от  $H$ . При измерениях к образцу прикладывалось постоянное поле смещения 22 Э, близкое к полю коллапса доменов, с полярностью, противоположной  $H$ . В некоторые моменты времени  $\tau \leq 100$  нс относительно начала импульса поля проводилась фоторегистрация динамических доменов. При каждом из выбранных значений  $H$  и  $\tau$ , по данным нескольких десятков измерений, определялся средний размер исследуемого домена, результаты для 5—6 доменов усреднялись. По полученным данным были построены зависимости смещения доменной границы от времени при разных амплитудах  $H$ , определены соответствующие средние скорости стенки и найдена зависимость  $v(H)$ . В исследованном интервале полей эта зависимость была линейной, подвижность стенки составляла  $6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Э}^{-1}$ , а скорость достигала  $220 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . Заметим, что в предположении справедливости одномерной модели предельная скорость Уокера для данного образца составила бы  $65 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . Наблюдаемая большая скорость доменной границы, вероятно, обусловлена значительным отклонением ориентации намагниченности относительно нормали к плоскости пленки.

Авторы признательны В. А. Бокову за обсуждение результатов.

#### Список литературы

- [1] Ferrand B., Armand M. F., Gay J. C., Olivier M., Paval J., Milani E. // J. Magn. Soc. Jpn. 1987. V. 11. S. 1. P. 195—198.
- [2] Görnert P., Nevřiva M., Šimšova J., Andrů W., Shüppel W., Šumšal P., Bubaková R. // Phys. St. Sol. (a). 1982. V. 74. N 1. P. 107—112.
- [3] Itoh A., Unozawa K., Shinohara T., Nakada M., Inoue F., Kawanishi K. // IEEE Trans. Magn. 1985. V. 21. N 5. P. 1672—1674.
- [4] Itoh A., Toriumi Y., Ishii T., Nakada M., Inoue F., Kawanishi K. // IEEE Trans. Magn. 1985. V. 23. N 5. P. 2964—2966.
- [5] Saito T., Tomanoi K., Shinagawa K., Tsushima T. // J. Magn. Soc. Jpn. 1987. V. 11. S. 1. P. 245—249.
- [6] Toriumi Y., Itoh A., Mizobuchi E., Katayama K., Inoue F., Kawanishi K. // J. Magn. Soc. Jpn. 1987. V. 11. S. 1. P. 249—253.
- [7] Kisielowski M., Maziewski A., Görnert P. // J. Phys. D: Appl. Phys. 1987. V. 20. N 2. P. 222—225.
- [8] Maziewski A., Kisielowski M., Görnert P., Brzosko K. // IEEE Trans. Magn. 1987. V. 23. N 5. P. 3367—3369.
- [9] Рандошкин В. В., Иванов Л. П., Телесниц Р. В. // ЖЭТФ. 1978. Т. 75. № 3. С. 960—974.
- [10] Круничка С. Физика ферритов и родственных им магнитных окислов. М.: Мир, 1976. Т. 2. 504 с.

Филлал Варшавского университета  
Белосток

Поступило в Редакцию  
21 декабря 1988 г.

Физико-технический институт  
им. А. Ф. Иоффе АН СССР  
Ленинград

Физико-технический институт АН ГДР  
Иена