

О ДИНАМИКЕ ДОМЕННЫХ СТЕНОК В ПЛЕНКАХ ФЕРРИТ-ГРАНАТОВ В СИЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

М. В. Логунов, В. В. Рандошкин

В последнее время проявляется повышенный интерес к нелинейной динамике доменных стенок (ДС) в монокристаллических пленках феррит-гранатов (МПФГ) в связи с перспективами их использования в запоминающих устройствах на вертикальных линиях Блоха [1]. В настоящей работе представлены результаты экспериментального исследования динамики ДС в импульсных продвигающих полях H , превышающих поле Уокера H_W . Измерения проводили методом высокоскоростной фотографии с временем однократной экспозиции 5 нс. МПФГ составов $(Y, Lu, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$, $(Y, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$ выращены на подложках с ориентацией (111). Тщательный отбор наиболее однородных образцов позволил расширить диапазон H , в котором не наблюдаются механизмы турбулентного зарождения микродоменов по всей поверхности образца и вращения намагниченности [2] вплоть до эффективного поля анизотропии.

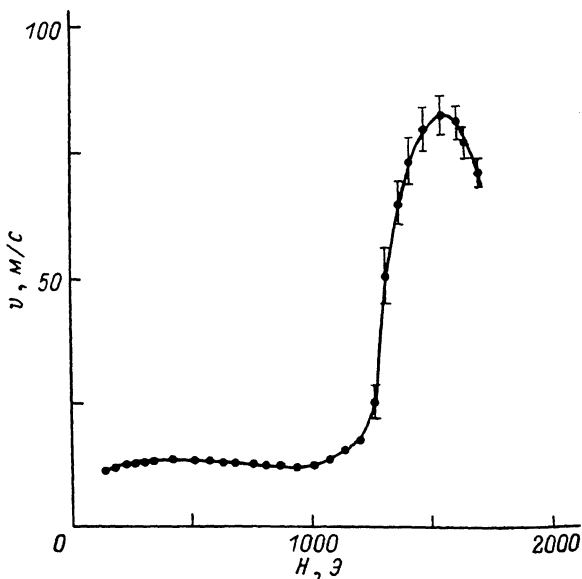


Рис. 1. Зависимость скорости ДС v от продвигающего поля H .

На рис. 1 представлена зависимость скорости ДС v от продвигающего поля H для МПФГ состава $(Y, Lu, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$. Параметры образца: толщина $h=9.8$ мкм, намагниченность насыщения $4\pi M=322$ Гс, поле анизотропии $H_k=2400$ Э, гиромангнитное отношение $\gamma=1.8 \cdot 10^7$ Э $^{-1} \cdot$ с $^{-1}$, обменная константа $A=2.3 \cdot 10^{-7}$ эрг/см, параметр затухания Гильберта $\alpha < 0.01$.

Из-за малой величины α скорость насыщения достигается в малых H и затем слабо увеличивается, ДС в процессе движения остается плоской (рис. 2, а). При $H \sim 400$ Э происходит качественное изменение механизма движения ДС, а на зависимости $v(H)$ появляется участок с отрицательной дифференциальной подвижностью. В этом диапазоне полей динамическая ДС испытывает изгибные искажения с периодом $\lambda_k=3 \div 4$ мкм и амплитудой 2—4 мкм. Развитие неустойчивости (переход от плоской к искаженной ДС) происходит следующим образом. После приложения импульса поля наблюдается слабоконтрастное уширение изображения динамической ДС, достигающее 2—3 мкм через 0.6—0.7 мкс. Затем на одном из участков ДС происходит локальный изгиб, приводящий в конце концов к установлению указанной диссипативной структуры (рис. 2, б) за ≤ 0.1 мкс по всей наблюдаемой длине ДС (50—100 мкм).

Наблюдаемая структура близка к предполагавшейся в [8] для случая неустойчивого движения ДС при $H > H_W$, но в эксперименте установление структуры происходит в полях, на два порядка превышающих уокеровский порог. Возможно, толчком к формированию изгибных искажений ДС являются колебания ДС, связанные с «поверхностным натяжением»

ДС. Поскольку в продвигающих полях $H > H_W$ вектор намагниченности в ДС прецессирует с частотой, близкой к ларморовской $\omega = \gamma H$, колебания могут передаваться вдоль ДС, которую можно рассматривать в данном случае как нагруженную мембрану [4]. В мембране изгибные волны распространяются со скоростью

$$v_k = \sqrt{\sigma_0/m_d}, \quad (1)$$

где энергия ДС σ_0 играет роль поверхностного натяжения, препятствующего изгибу ДС; m_d — масса Деринга. Расчет показывает, что длина волны таких колебаний

$$\lambda = 2\pi v_k / \gamma H \quad (2)$$

близка к λ_k , а затухают колебания на расстоянии [4]

$$l = (\alpha M \sqrt{\pi/2A})^{-1}, \quad (3)$$

на порядок превышающем λ_k .

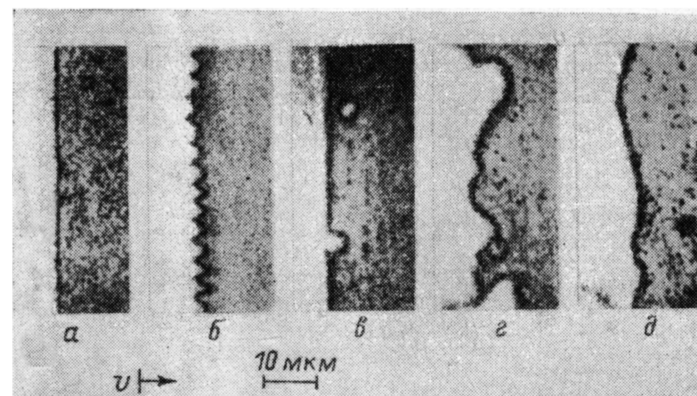


Рис. 2. Динамические ДС в продвигающих полях H в момент времени t .

H (Э), t (мкс): а — 420, 4; б — 650, 3; в — 1100, 0.25; г — 1100, 0.77; д — 1600, 0.4.

Кинетика формирования и топология изгибной ДС в МПФГ обнаруживают сходство с ДС в ортоферритах при переходе через звуковой барьер [5]; но различия существенны как количественные, так и качественные: в ортоферритах ДС после преодоления звукового барьера быстро выравнивается, в МПФГ изгибная ДС устойчива в течение нескольких микросекунд — до встречи с соседними ДС. Тем не менее очевидно, что наблюдавшаяся в обоих случаях форма ДС типична для участков с нулевой и отрицательной дифференциальной подвижностью.

При $H > 1000$ Э движение ДС сопровождается генерацией микродоменов (МД) [2, 6, 7], опережающих ДС, причем плотность МД мала (рис. 2, в, г), а генерация МД наблюдается в ограниченном диапазоне полей. Данные для v на этом участке (рис. 1) соответствуют скорости перемещения фронта домена. При изменении температуры в пределах 15—120 °С генерация МД также происходила в интервале полей $H_k/3 < H < 2H_k/3$.

Как генерация МД, так и возникновение изгибных искажений ДС наблюдались только в МПФГ с достаточно малым затуханием ($\alpha < 0.1$) и, следовательно, являются существенно динамическими эффектами. Обнаружение верхней границы генерации МД подтверждает возможность образования МД по спин-волновому механизму [7] в результате дестабилизации намагниченности в невыгодно намагниченном домене из-за непараметрической накачки спиновых волн, поток которых также сосредоточен по H в узком интервале [7, 8].

Литература

- [1] Юрченко С. Е. Микроэлектроника, 1986, т. 15, № 1, с. 3—15.
- [2] Куделькин Н. Н., Прохоров А. М., Рандошкин В. В. и др. ДАН СССР, 1985, т. 281, № 4, с. 848—851.
- [3] Slonczewski J. C. Int. J. Magn., 1972, v. 2, N 3, p. 85—97.
- [4] Малоземов А., Слонзуски Дж. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами. М.: Мир, 1982. 384 с.
- [5] Четкин М. В., Гадецкий С. Н., Кузьменко А. П., Азуткина А. И. ЖЭТФ, 1984, т. 86, № 4, с. 1411—1418.
- [6] Иванов Л. П., Логинов А. С., Непокойчицкий Г. А. ЖЭТФ, 1983, т. 84, № 3, с. 1006—1022.
- [7] Рандошкин В. В., Сигачев В. Б. ФТТ, 1986, т. 28, № 5, с. 1522—1525.
- [8] Ходенков Г. Е. ФММ, 1975, т. 39, № 3, с. 466—472.

Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева
Саранск

Поступило в Редакцию
17 мая 1987 г.