

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНЫХ ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ НА ПОДВИЖНОСТЬ ДОМЕННЫХ СТЕНОК В ФЕРРИТ-ГРАНАТОВЫХ ПЛЕНКАХ

А.Н. Григоренко, С.А. Мишин, Е.Г. Рудащевский

Исследовалось влияние магнитных точечных дефектов, обуславливающих коэрцитивность высококачественных феррит-гранатовых пленок, на динамику изолированной доменной стенки. Экспериментально доказано, что взаимодействие ДС с дефектами приводит к эффективному уменьшению подвижности ДС.

Исследование динамики доменных стенок (ДС) в феррит-гранатовых пленках выявило несоответствие между измеряемой подвижностью ДС и на порядки большей величиной подвижности, получаемой расчетом из данных по ферромагнитному резонансу (ФМР) /1/. Позднее было обнаружено, что при уменьшении продвигающего поля подвижность ДС увеличивается /2/ и в малых продвигающих полях совпадает с подвижностью, рассчитываемой по данным ФМР /3/. Считается, что эти явления обусловлены динамической перестройкой внутренней структуры ДС — возникновением в ней блоховских линий /4/.

В работах /2,5/ указывалось на возможное влияние дефектов материала на ограничение подвижности ДС в феррит-гранатовых пленках, однако до сих пор не существовало прямого экспериментального доказательства наличия подобных дефектов в высококачественных феррит-гранатовых пленках, а также их влияния на динамику ДС.

Благодаря разработанной магнитооптической установке, позволяющей регистрировать однократные смещения изолированной ДС, стабилизированной градиентом внешнего неоднородного магнитного поля, с точностью до 10 \AA для участка ДС длиной $\sim 10 \text{ мкм}$ /6,7/, нам удалось обнаружить в высококачественных феррит-гранатовых пленках (с плотностью дислокаций $\lesssim 10 \text{ см}^{-2}$) существование магнитных точечных дефектов, распределенных в материале с огромной плотностью $\gtrsim 10^{13} \text{ см}^{-3}$, обуславливающих коэрцитивность этих материалов. На рис. 1 изображено движение участка ДС $\approx 10 \text{ мкм}$ в неоднородном магнитном поле с величиной градиента 10 кЭ/мкм при квазистатическом увеличении продвигающего однородного поля.

Горизонтальные участки А, В, С соответствуют стопорению ДС на микродефектах, которые в среднем равномерно разбросаны по образцу. Исследовались феррит-гранатовые пленки различного состава и характеристик. Все они показали качественно подобное поведение. Данные в статье приведены для пленки состава $(\text{LuBi})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ с характеристиками: $4\pi M = 80 \text{ Гс}$, $H_A = 1800 \text{ Э}$, $h = 30 \text{ мкм}$, период страйпа 50 мкм . Поскольку расстояния между местами стопорения участка ДС длиной $\sim 10 \text{ мкм}$ равно $\sim 0,4 \text{ мкм}$, а расстояние, проходимое ДС в поле микродефекта до момента срыва $\sim 0,05 \text{ мкм}$ при градиенте внешнего поля 10 кЭ/мкм (рис. 1), то для исследования влияния дефектов на подвижность ДС необходимо регистрировать быстрые смещения ДС на расстояние $\sim 0,05 \text{ мкм}$, причем такое разрешение должно быть получено без усреднения, т.е. суммирования сигнала от различных участков ДС, или от коллектива ДС, так как различные участки ДС движутся в своем потенциальном рельефе и движение далеко отстоящих локальных участков нескоррелировано. Нам удалось достигнуть точности регистрации импульсных движений участка ДС $\sim 10 \text{ мкм}$ (фронт нарастания ступеньки импульса поля $\sim 2 \text{ нс}$) $\approx 0,05 \text{ мкм}$ при полосе пропускания регистрирующей системы 50 МГц .

Исследование высокоскоростной динамики участка ДС показало следующее. Подвижность ДС μ_1 , измеренная по отклику ДС на ступеньку импульсного поля при движении участка ДС в потенциальной яме одного места стопорения (горизонтальные участки А, В, С на рис. 1) оказалась совпадающей с подвижностью ДС, рассчитанной из данных ФМР. (Подвижность определялась путем моделирования движения ДС движением гармонического осциллятора. Для пленки с указанными характеристиками $\mu_1 = 800 \text{ см/с}\cdot\text{Э}$, $\mu_{\text{ФМР}} = 780 \text{ см/с}\cdot\text{Э}$) При движении ДС вдоль поля дефектов эффективная подвижность, получаемая моделированием движения ДС движением гармонического осциллятора, уменьшалась до величины

$\mu_2 = 550 \text{ см/с} \cdot \text{Э}$ (рис. 2). Уменьшение подвижности происходило при такой амплитуде импульсного поля H_p , когда ДС при своем движении проходила несколько мест стопорения, что связано с добавочными потерями энергии, возникающими при движении ДС вдоль поля дефектов. Величина поля H_p определялась характеристиками поля дефектов и совпадала по порядку величины с полем коэрцитивности образца $H_c \approx 0,2 \text{ Э}$.

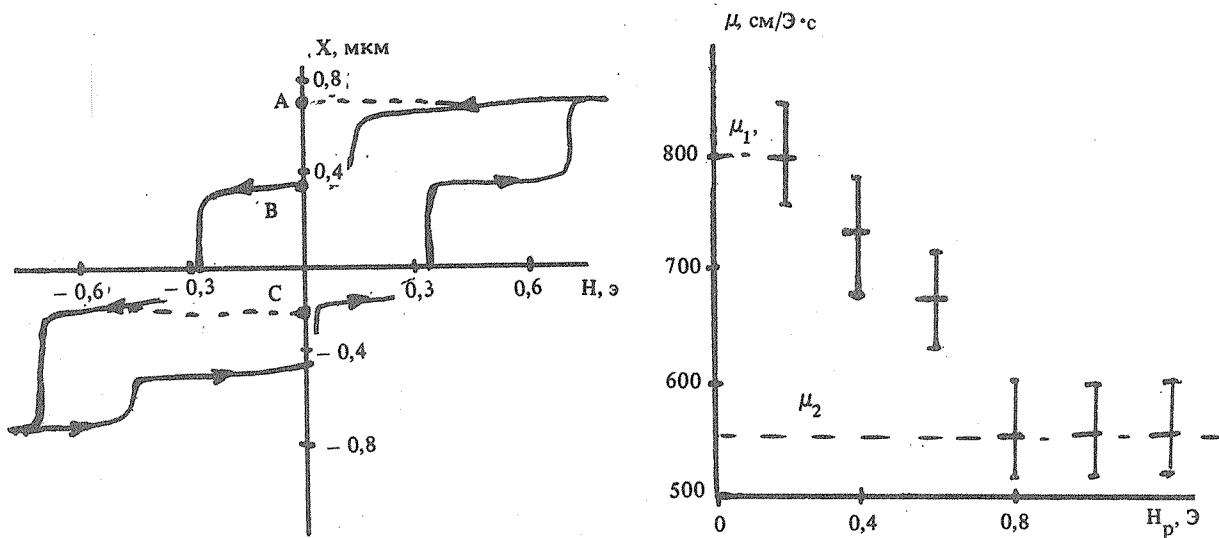


Рис. 1. Частная петля гистерезиса локального участка изолированной доменной стенки.

Рис. 2. Зависимость подвижности доменной стенки μ от амплитуды импульса продвигающего поля H_p .

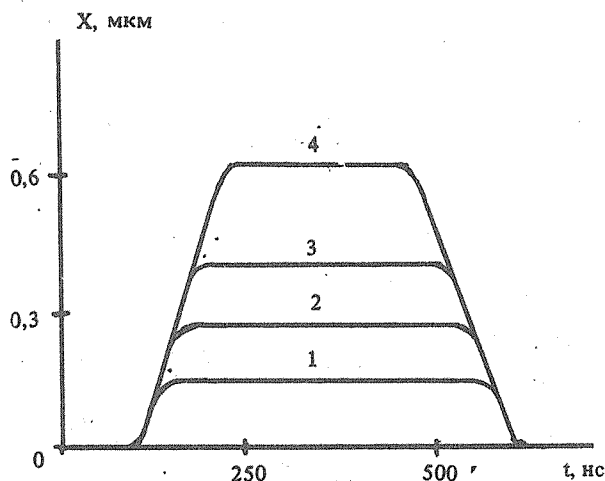


Рис. 3. Отклик доменной стенки на продвигающее магнитное поле при различных значениях амплитуды импульсного поля: $M_p = 0,4 \text{ Э}$ (1), $0,5 - 0,6 \text{ Э}$ (2), $0,7 - 0,9 \text{ Э}$ (3), 1 Э (4).

Наиболее существенное влияние оказывают микродефекты на движение ДС в пленках с малым параметром вязкого затухания a , для которых поле Уокера $H_w = 2\pi M a$ оказывается порядка поля отрыва H_{st} ДС от микродефекта. В таких пленках движение локального участка, ДС в промежутке между двумя местами стопорения всегда происходит со скоростью насыщения (рис. 3, на котором изображен отклик ДС на ступеньку импульсного поля). Данные приведены для пленки с характеристиками: $4\pi M = 70 \text{ Гс}$, $H_A = 3600 \text{ Э}$, $h = 14 \text{ мкм}$, период страйпа 70 мкм , $a = 0,01$. Таким образом, вследствие наличия магнитных дефектов, в большинстве случаев движение ДС в феррит-гранатовых пленках с $H_w \lesssim H_{st}$ существенно нелинейно и не может описываться простой гармонической моделью.

В заключение отметим, что магнитные точечные дефекты, обуславливающие коэрцитивность высококачественных феррит-гранатовых пленок, оказывают существенное влияние на динамику ДС. Они приводят к дополнительным потерям энергии ДС при быстром движении ДС вдоль поля дефектов, что в свою очередь приводит к эффективному уменьшению подвижности ДС, а в материалах с малым параметром затухания ($H_w \ll H_{st}$) — к тому, что область нелинейного движения ДС начинается с малых магнитных продвигающих полей $H \approx H_c$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hagedorn F., Georgy E. JAP, 32, 2825 (1961).
2. Дедух Л.М., Никитенко В.И., Полянский А.А. ЖЭТФ, 79, в. 2, 605 (1980).
3. Argyle В.Е., Jantz W., Slonczewski J.C. JAP, 54, N 6, 3370 (1983).
4. Малоземов А., Слонзуски Дж. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными моментами. М., Мир. 1982.
5. Hagedorn F.V. JAP, 45, N 7, 3129 (1974).
6. Григоренко А.Н. и др. ПТЭ, № 3, 175 (1987).
7. Григоренко А.Н., Мишин С.А., Рудашевский Е.Г. ПТЭ, № 1, 163, (1988).

Институт общей физики АН СССР

Поступила в редакцию 22.04.88 г.