

ЛОКАЛЬНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ МАССЫ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В ФЕРРИТ-ГРАНАТОВЫХ ПЛЕНКАХ

Р.В.Телеснин, В.Г.Клепарский, В.В.Рандошкин

Сопоставлением высокоскоростных фотографий динамической конфигурации цилиндрического магнитного домена исследовалась кинетика движения локальных участков доменной границы в феррит-гранатовых пленках. Впервые обнаружено возникновение участков с различающимися на порядок значениями плотности эффективной массы.

Для уточнения механизма изменения формы цилиндрического магнитного домена (ЦМД) от статически устойчивой круговой или эллиптической к наблюдаемой в процессе достаточно быстрого радиального расширения или схлопывания "кляксоподобной" динамической конфигурации [1,2] было проведено изучение локального движения различных участков границы на периферии домена. ЦМД зарождался и разрастался под действием перемагничивающего импульса поля H_{II} , направленного перпендикулярно поверхности образца. Поле $H_{II} = 650$ э создавалось путем подачи импульсов тока амплитудой ~ 7 а и длительностью $\tau_{II} \approx 400$ нс с фронтами ~ 50 нс в плоскую катушку диаметром 2 мм, расположенную вблизи поверхности образца. Возвращение магнитного момента перемагничиваемой области в исходное состояние обратной намагниченности осуществлялось под действием постоянного поля смещения $H_{см} = 170$ э. Положение границ разрастающегося и релаксирующего домена определялось путем последовательного фотографирования динамической конфигурации ЦМД на магнитооптической установке, использующей для усиления яркости изображения электронно-оптический преобразователь УМИ-93 [2]. Источником подсветки являлся инжекционный лазер с двойным гетеропереходом на основе GaAs – GaAlAs, работающий на длине волны $\sim 0,9$ мкм. Длительность светового импульса, равная 15 нс, позволяла фиксировать динамику изменения конфигурации ЦМД

с достаточно высоким разрешением. Временное положение светового импульса относительно начала перемагничивающего импульса устанавливалось с помощью линий задержки. В качестве образцов использовались феррит-гранатовые пленки системы $(\text{YGdYbBi})_3(\text{FeAlGa})_5\text{O}_{12}$, полученные методом жидкофазной эпитаксии на монокристаллические пластинки гадолиний-галлиевого граната. Включение в состав пленок Bi позволило почти на порядок увеличить их оптическую добротность и обеспечило достаточно высокую контрастность высокоскоростных фотографий динамической конфигурации ЦМД. В качестве примера на рис. 1 представлены фотографии ЦМД для различных значений τ_3 (τ_3 — время задержки начала светового импульса относительно начала перемагничивающего импульса).

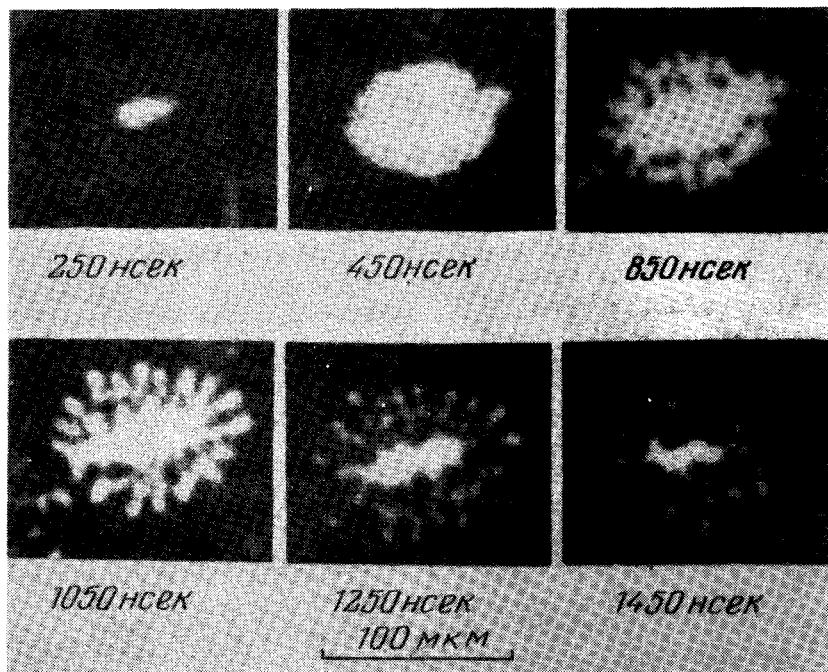


Рис. 1. Фотографии динамической конфигурации ЦМД в различные моменты времени τ_3 после начала действия перемагничивающего импульса амплитудой $H_{\text{и}} = 650$ э и длительностью $\tau_{\text{и}} \approx 400$ нсек. Поле смещения равно 170 э.

Сопоставление фотографий динамической конфигурации ЦМД в различные моменты времени позволило получить временную зависимость расстояния R отдельных участков границы домена от его центра, представленную на рис. 2. Каждая точка на графике представляет результат усреднения измерений положения границы для трех различных, но с одинаковым поведением, участков периферии ЦМД. Вертикальными линиями показан разброс полученных значений.

Анализ экспериментальных данных позволяет заметить, что от момента зарождения домена и до момента $\tau_{\text{и}}$ окончания перемагничивающего импульса различные участки границы ЦМД движутся радиально от его центра с примерно одинаковой для всех направлений скоростью (кри-

вая 1 рис. 2). Видно, что процесс радиального расширения идет с некоторой постоянной скоростью, на которую, начиная с $t \geq 200$ нс, накладываются достаточно заметные колебания.

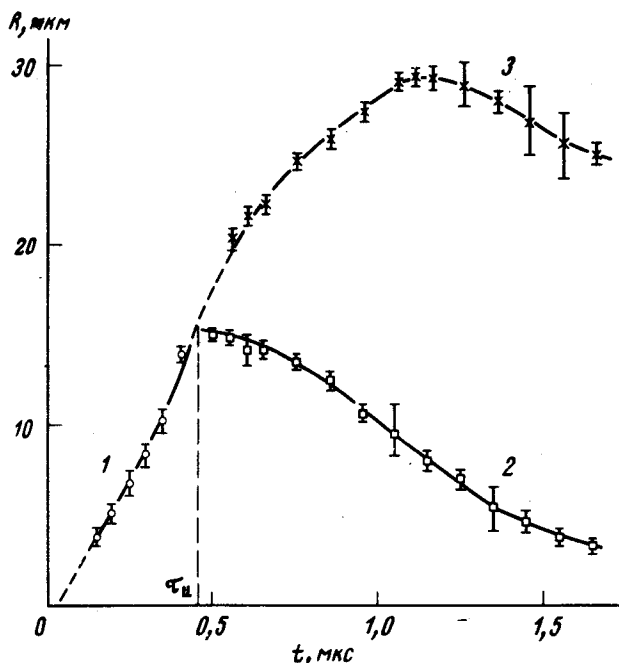


Рис. 2. Временная зависимость расстояния отдельных участков границы домена от его центра

После окончания импульса $H_{и}$ основная часть границы под действием $H_{см}$ начинает двигаться к центру домена (кривая 2 рис. 2). Однако в некоторых точках границы, плотность которых в среднем составляет 0,2 точки на 1 мкм периметра ЦМД, движение от центра домена продолжается и после окончания импульса $H_{и}$ (кривая 3). Лишь спустя 0,7 – 0,8 мксек начинается достаточно заметное возвращение возникших отростков к центру ЦМД. Несмотря на такое различное поведение отдельных участков доменной границы, все это время ЦМД ведет себя как единое целое. Только при $t \geq 1,6$ мксек контраст магнитооптического изображения перемычек между отростками и основным телом уменьшающегося ЦМД пропадает и остатки отростков и основная часть ЦМД релаксируют по отдельности. Используя для анализа полученных экспериментальных данных известное уравнение движения доменной границы:

$$m \frac{d^2 R}{dt^2} + \beta \frac{dR}{dt} + c R = 2M_S H_{и}, \quad (1)$$

где m – эффективная масса, β – коэффициент вязкого затухания, c – коэффициент квазиупругой возвращающей силы, M_S – намагниченность насыщения, и оценивая β по выражению для скорости установившегося движения границы расширяющегося домена в интервале $0 < t < 0,45$ мксек

$$V = \frac{2M_S}{\beta} H_{и} \quad (2)$$

можно показать, что поведение участков границы, продолжающих радиальное поступательное движение после окончания импульса $H_{и}$, доста-

точно хорошо описывается в интервале $0,5 \text{ мксек} \leq t \leq 1,5 \text{ мксек}$ выражением (1) со значениями параметров $m = 1 \cdot 10^{-6} \text{ г} \cdot \text{см}^{-2}$, $\beta = 3,6 \text{ г} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, $c = 5 \cdot 10^6 \text{ г} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-2}$. Для тех участков доменной границы, которые после выключения $H_{\text{и}}$, начинают двигаться к центру ЦМД, оценки дают $m = 1 \cdot 10^{-7} \text{ г} \cdot \text{см}^{-2}$, что при неизменных β и c обуславливает преимущественно вязкий характер их поведения.

Возникновение участков с повышенными значениями эффективной массы, по-видимому, может быть объяснено происходящими в процессе движения локальными изменениями структуры доменных границ (см., например, [3]).

Московский
государственный университет
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
3 июля 1976 г.
После переработки
15 октября 1976 г.

Литература

- [1] G. J. Zimmer, T. M. Morris, F. V. Humphrey. IEEE Trans. Magn., Mag-10, 651, 1974.
- [2] Л.П.Иванов, А.С.Логгинов, В.В.Рандошкин, Р.В.Телеснин. Письма в ЖЭТФ, 23, 627, 1976.
- [3] E. Schlömann. AIP Conf. Proc., 18, 183, 1974.