

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

УДК 621.385

## КВАЗИСТАТИЧЕСКАЯ ПОЛОСОВАЯ ДОМЕННАЯ СТРУКТУРА В ПЛЕНКАХ ФЕРРИТА-ГРАНАТА

А. И. Ахткина, Т. Б. Шапаева

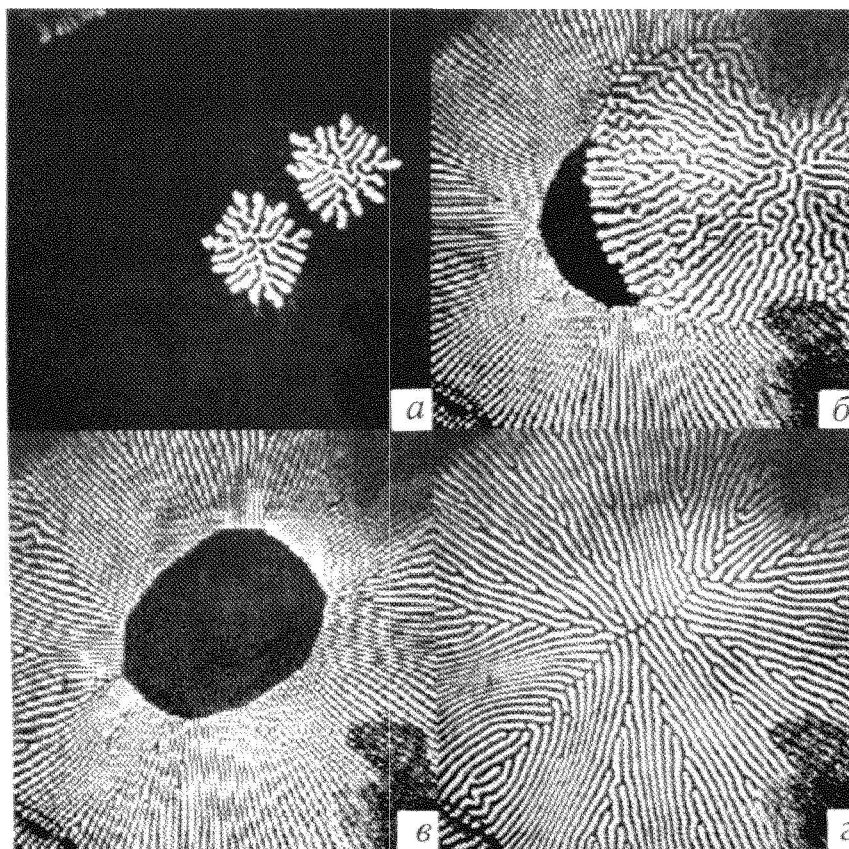
(кафедра магнетизма)

**С помощью усовершенствованного метода высокоскоростной фотографии исследован процесс формирования квазистатической полосовой доменной структуры в пленках феррита-граната после одновременного воздействия импульса механических напряжений и импульсного магнитного поля с амплитудой, превышающей величину поля насыщения. Установлено, что ориентация этой структуры однозначно определяется наведенной анизотропией.**

Исследования влияния на доменную структуру пленок ферритов-гранатов импульсного магнитного поля с амплитудой  $H_i$ , не превышающей величину поля насыщения  $H_s$ , описаны в работах [1–3], а с амплитудой  $H_i \geq H_s$  — в работах [4, 5]. В работе [5] исследовано возникновение обратной намагниченности при импульсном перемагничивании пленок ферритов-гранатов. В работе [6] описывается влияние вертикальных блоховских линий на период полосовой доменной структуры, сформированной в намагниченном до насыщения образце под действием импульсного магнитного поля в присутствии уменьшаемого до нуля поля смещения.

Настоящая работа посвящена исследованию одновременного воздействия на пленку феррита-граната импульсного магнитного поля и импульса механических напряжений.

Исследования проводились на пленках феррита-граната, плоскость подложки которых была перпендикулярна оси [111]. На образец площадью  $0,6 \div 0,8 \text{ см}^2$  наклеивали катушку с внутренним диаметром 1,5 мм, которая создавала импульсное магнитное поле. Это поле формировалось серией токовых прямоугольных импульсов одного знака с длительностью  $t_i$  от 6 до 10 мкс и частотой от 5 до 25 Гц. Для исследования динамической доменной



Изменение доменной структуры в образце после действия импульсного магнитного поля ( $t_i = 10$  мкс,  $H_i = 255$  Э). После окончания действия импульса поля прошло 35 (а), 110 (б, в) и 140 мкс (г)

структуры использовался метод высокоскоростной фотографии [3, 7], модернизированный в работе [8]. Изображение, полученное с помощью оптической системы, регистрировалось TV-камерой, соединенной с персональным компьютером, который осуществлял управление установкой, а также давал возможность регистрировать изображение в любой момент времени и, таким образом, наблюдать эволюцию доменной структуры.

В результате исследований было установлено, что по прошествии времени  $t = 10$  мкс после окончания действия почти каждого импульса поля в различных местах намагниченного до насыщения образца внутри участка, ограниченного катушкой, появлялись зародыши перемагничивания. Эти зародыши представляли собой цилиндрические магнитные домены, радиус которых увеличивался по мере возрастания  $t$ . В дальнейшем у них появлялись многочисленные отростки. Так формировались области с лабиринтной доменной структурой (рисунок, а), которые напоминали «звездочки», подробно описанные в работах [4, 5]. Размер «звездочек» возрастал с ростом  $t$  (рисунок, б). При  $t = 40$  мкс на краю области, ограниченной катушкой, появлялись полосовые домены, ориентированные вдоль радиуса катушки. Со временем эти домены «прорастали» внутрь катушки, не меняя своей ориентации. Период возникающей полосовой

доменной структуры постепенно уменьшался по мере движения от края к центру катушки и был меньше, чем период лабиринтной доменной структуры в отсутствие внешнего поля. Независимо и одновременно с развитием полосовых доменов продолжалось расширение областей с лабиринтной доменной структурой, при этом случайный характер их возникновения был прежним. Начиная с некоторого момента времени  $t$  область с лабиринтной доменной структурой могла вытеснять область с полосовой доменной структурой. Частичное наложение этих областей видно на рисунке, б. Из-за разницы в периодах доменных структур внутри указанных областей хорошо видна четкая граница между ними. Если области с лабиринтной доменной структурой не возникают, квазистатическая структура имеет вид, представленный на рисунке, в. При  $t = 140$  мкс полосовые домены смыкались в центре катушки, образуя радиально ориентированную полосовую структуру (рисунок, г). Эта структура оставалась неизменной вплоть до начала следующего импульса поля. В течение всего эксперимента за пределами катушки существовала исходная лабиринтная доменная структура.

После выключения импульсного поля, в отсутствие внешних воздействий радиально ориентированная полосовая структура сохранялась сколь угодно долго. Кратковременное приложение к образцу

постоянного поля смещения, направленного вдоль нормали к поверхности пленки, приводило к разрушению этой структуры и формированию лабиринтной доменной структуры.

Исследования показали, что для формирования радиально ориентированной полосовой доменной структуры достаточно подействовать на образец однократным импульсом поля.

Качественное объяснение возникновения радиально ориентированной полосовой доменной структуры состоит в следующем. При протекании тока катушка испытывает радиальное растягивающее напряжение  $\sigma_r$ , которое равно объемной плотности энергии магнитного поля  $\omega$ , создаваемого катушкой:  $\sigma_r = \omega = BH/2$ , где  $B$  — индукция магнитного поля,  $H$  — напряженность. Для используемых в нашем эксперименте импульсных полей  $\sigma_r = 0,6 \div 0,9$  МПа. Если катушка наклеена непосредственно на образец, то радиальное напряжение передается и пленке. Вследствие радиального упругого напряжения и магнитоэлектрики образуется добавка к свободной энергии [9], благодаря чему возникает наведенная анизотропия. Это вызывает отклонение оси легкого намагничивания от направления [111] на малый угол. Совокупность таких осей образует конус легкого намагничивания, и у вектора намагниченности  $I_s$  появляется малая плоскостная составляющая. Это приводит к формирова-

нию радиально ориентированной полосовой доменной структуры.

#### Литература

1. Кандаурова Г.С., Свидерский А.Э. // ЖЭТФ. 1990. **97**, № 4. С. 1218.
2. Лисовский Ф.В., Мансветова Е.Г. // ФТТ. 1989. **31**, № 5. С. 273.
3. Четкин М.В., Ахуткина А.И., Шапаева Т.Б. // Микроэлектроника. 1998. **27**, № 5. С. 369.
4. Zimmer G.J., Morris T.M., Humphrey F.B. // IEEE Trans. Magn. 1974. **MAG-10**. P. 651.
5. Рандошкин В.В., Иванов Л.П., Телеснин Р.В. // ЖЭТФ. 1978. **75**, № 3(9). С. 960.
6. Астафьева Т.Г., Барьяхтар В.Г., Довгий В.Т. // ФТТ. 1990. **32**, № 1. С. 296.
7. Baryakhtar V.G., Chetkin M.V., Ivanov B.A., Gadetskii S.N. Dynamics of Topological Magnetic Solitons. Experiment and Theory // Springer Tracts in Modern Physics. V. 129. Springer-Verlag, 1994.
8. Четкин М.В., Парыгина И.В., Савченко Л.Л. // ЖЭТФ. 1996. **110**, № 5(11). С. 1873.
9. Вонсовский В.С. Магнетизм. М.: Наука, 1967.

Поступила в редакцию  
30.04.99  
После переработки  
31.01.00