

05.2;09;11

©1994

ПАРАМЕТРЫ ПЛЕНОК ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ С УПОРЯДОЧЕННОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

Г.С.Кандаурова, А.Э.Свидерский, В.П.Клин, В.И.Чани

При исследовании доменной структуры (ДС) пленок ферритов-гранатов (ФГ) в переменных магнитных полях было обнаружено совершенно новое физическое явление [1-4]. Суть его состоит в том, что при определенных условиях низкочастотной накачки (10^2-10^4 Гц) многодоменная магнитная среда может переходить в особое возбужденное (ангерное) состояние (АС). Две ярких особенности характеризуют АС — динамическая *самоорганизация*, в результате которой формируются устойчивые, упорядоченные динамические доменные структуры (ДДС) различных конфигураций и *самогенерация* периодических процессов (колебание и вращение доменов, появление \rightleftharpoons исчезновение ДДС и др.), частота которых намного меньше частоты накачки.

К настоящему времени исследования АС и ДДС проведены лишь на единичных образцах пленок ФГ. В то же время уже первые опыты показали, что при выбранных параметрах накачки и заданных условиях эксперимента получить АС в некоторых пленках ФГ и наблюдать ДДС не удавалось. Целью данной работы являлся поиск отличительных особенностей в свойствах пленок ФГ, обладающих или не обладающих ДДС при комнатной температуре.

С помощью магнитооптического эффекта Фарадея на большом количестве пленок ФГ наблюдалась доменная структура в размагниченном после "магнитной тряски" состоянии. Отбирались наименее дефектные образцы с типичной для тонких пленок с перпендикулярной анизотропией лабиринтарной доменной структурой. При этом обращалось внимание на отсутствие выраженной преимущественной ориентации границ доменов вдоль каких-то направлений. Считалось, что в первом приближении это указывает на изотропность свойств в плоскости пленки. Таким образом были отобраны пленки (21 образец) разного состава ($(\text{YBi})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$, $(\text{YLuBi})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$, $(\text{YSm})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ и др.) разной толщины L (от 1.5 до 40 мкм), но с однотипной доменной структурой. Средний период доменной структу-

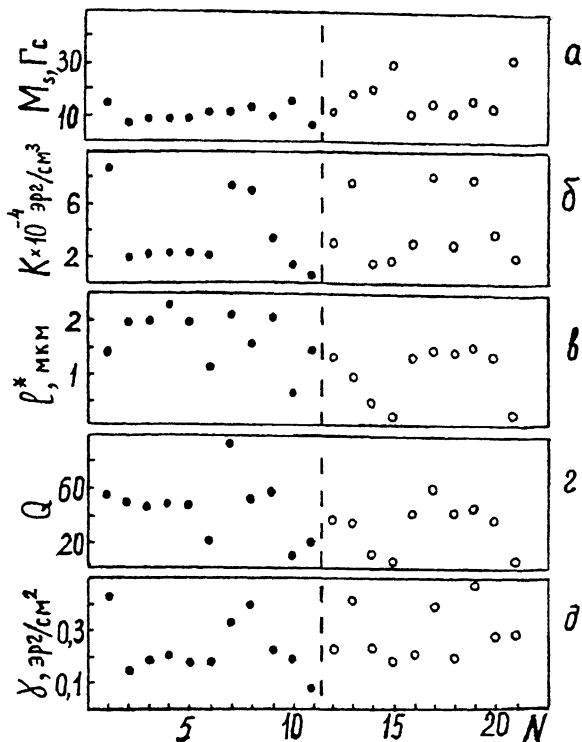


Рис. 1.

ры $P = 2d$, где d — ширина домена, составлял 4–40 мкм. Площадь образцов $S \approx 20 \text{ мм}^2$.

На всех образцах в постоянном поле, ориентированном вдоль оси легкого намагничивания, т.е. по нормали к пленке, измерялись магнитооптические кривые намагничивания и петли гистерезиса. Определялись поле насыщения H_s , коэрцитивная сила H_c . Из измерений в плоскостном поле, перпендикулярном оси легкого намагничивания, находилось поле анизотропии H_a . По известным методикам [5] определялись намагниченность насыщения M_s , характеристическая длина l^* , и на основе уже известных параметров вычислялись константа магнитной анизотропии K , параметр обменного взаимодействия A , плотность граничной энергии γ и фактор качества Q .

Доменная структура каждого образца наблюдалась последовательно в двух различных переменных магнитных полях $H(t)$ — в форме синусоиды и в форме симметричного меандра. Частота f варьировалась от 0.1 до 10 кГц, амплитуда от 0 до 200 Э. Все образцы, в которых удавалось возбудить при комнатной температуре АС и увидеть ДДС, относились к группе I. При этом не делалось различия, реали-

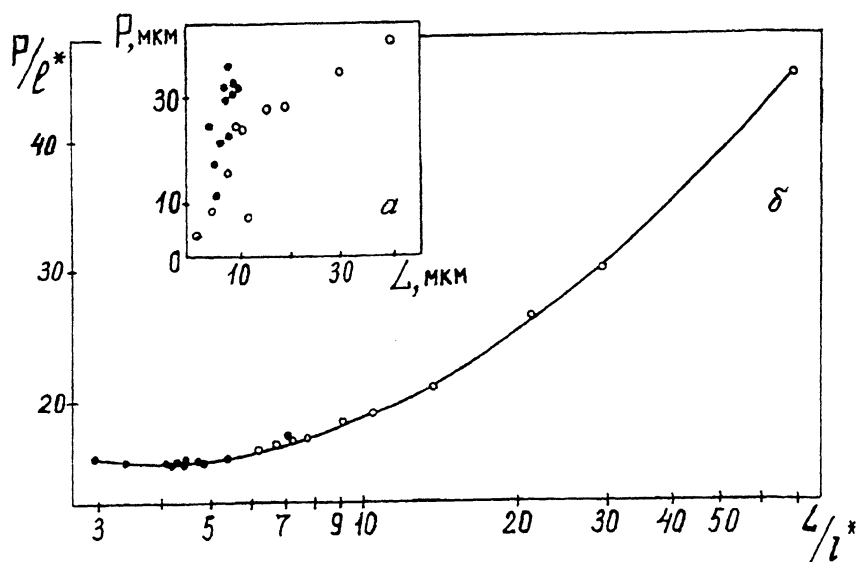


Рис. 2.

зуются ли АС в одной ограниченной частотно-амплитудной области или в двух [6], в синусоидальном поле или только в поле типа “меандр”, имеют ли эти образцы однотипные упорядоченные ДДС (например, только спиральные домены), или совершенно разного типа (спирали и “ведущие центры”) [3,4]. Остальные образцы, в которых при выбранных режимах накачки не возбуждалось АС, относились к группе II.

На рис. 1 представлены данные по таким характеристикам, как M_s (а), K (б), $l^* = \gamma/4\pi M_s^2$ (в), $Q = K/2\pi M_s^2$ (г), $\gamma = 4\sqrt{AK}$ (д). Темные точки в левой половине рисунков относятся к I группе образцов с ДДС, светлые точки в правой половине — к группе II, N — порядковый номер образца. Видно, что по уровню указанных фундаментальных свойств обе группы образцов существенно не различаются. Аналогичный вывод относится к величинам A , H_a . Интервал значений поля насыщения H_s лежит несколько выше для образцов второй группы (60–180 Э) по сравнению с первой (30–90 Э), что отчасти коррелирует со слабо заметным, но подобным различием в значениях M_s (рис. 1,а). Для всех образцов значения H_c не превышали 1.5 Э.

Другую, более определенную картину дает массив данных по измерению периода структуры P и сопоставлению с толщиной пленок L . На рис. 2,а приведены значения P и L для всех исследованных образцов (по-прежнему темные

точки относятся к I, а светлые — ко II группе пленок). Заметно, что темные точки группируются в интервале толщин $L = 4-10$ мкм, тогда как светлые во всей области толщин $L = 1.5-40$ мкм. При толщинах $L > 10$ мкм ДДС не наблюдались. Если сравнить значения относительного периода P/L доменной структуры обеих групп образцов, то в первой они входят в интервал 2.3–5.3, тогда как во второй в интервал 0.7–2.3. Более четко образцы разделялись на две группы по приведенным величинам периода P/l^* доменной структуры и толщины L/l^* пленок (рис. 2,б). Как видно из рис. 2,б, с точки зрения реализации АС и наблюдения ДДС предпочтительны пленки с малыми значениями этих параметров. По-видимому, при больших толщинах L возможные искажения формы доменных границ (волнистость) у поверхности образцов, а также возможные в переменном поле изгибные колебания границ будут препятствовать формированию узких полосовых доменов, из которых закручиваются спиральные или кольцевые ДДС.

Подходящие соотношения геометрических параметров ДС и образцов вероятно можно рассматривать как необходимые, но далеко не достаточные условия реализации АС. Гораздо более важными могут оказаться динамические характеристики пленок (скорость и подвижность доменных границ, коэффициент затухания), особенно когда речь пойдет о форме возбуждающего АС поля $H(t)$, о собственных частотах колебательных процессов в АС динамической системы магнитных доменов, о конкретном виде упорядоченных ДДС. Определение и анализ этих характеристик является задачей дальнейших исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований (грант 93-02-16340).

Список литературы

- [1] *Кандаурова Г.С., Свицерский А.Э.* // Письма в ЖЭТФ. 1988. Т. 47. В. 8. С. 410–412.
- [2] *Кандаурова Г.С., Свицерский А.Э.* // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 9. С. 777–780.
- [3] *Кандаурова Г.С., Червоненкис А.А., Свицерский А.Э.* // ФТТ. 1989. Т. 31. В. 6. С. 238–243.
- [4] *Кандаурова Г.С., Свицерский А.Э.* // ЖЭТФ. 1990. Т. 97. В. 4. С. 1218–1230.
- [5] *Show R.W., Hill D.E., Sandfort R.M., Moody J.M.* // J. Appl. Phys., 1973. V. 44. N 5. P. 2346–2349.
- [6] *Кандаурова Г.С., Иванов Ю.В.* // ФММ. 1993. Т. 76. В. 1. С. 49–61.

Уральский государственный университет
Екатеринбург

Поступило в Редакцию
10 апреля 1994 г.