

05.2

Коэрцитивная сила пленок ферритов-гранатов в зависимости от максимальной напряженности внешнего магнитного поля

© *М.В. Логунов, М.Г. Герасимов*

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, Саранск

Поступило в Редакцию 17 ноября 1998 г.

В окончательной редакции 13 июля 1999 г.

Представлены результаты измерений коэрцитивной силы монокристаллических пленок ферритов-гранатов по полуширине предельных и частных квазистатических петель гистерезиса в широком интервале изменения максимальной напряженности магнитного поля, перемагничивающего пленку. Обсуждаются причины несоответствия между результатами, полученными с помощью различных методов измерения коэрцитивной силы.

Коэрцитивная сила H_c — один из основных параметров магнитного материала, характеризует степень его совершенства. Большой интерес представляет исследование коэрцитивной силы монокристаллических пленок ферритов-гранатов, принадлежащих к магнитным материалам с наиболее совершенной кристаллической структурой. Внимание к данному вопросу выросло и в связи с тем, что от коэрцитивной силы и других параметров петли гистерезиса существенно зависят условия формирования упорядоченных доменных структур в магнитных пленках [1,2]. К настоящему времени большинство данных по коэрцитивности феррит-гранатовых пленок получено из исследования гистерезисных явлений в переменных магнитных полях [3–5]. Однако при необратимых изменениях намагниченности возможны проявления динамизма в процессе перемагничивания, в том числе и для частот в десятки герц [6]. Кроме того, разнообразие методик исследования коэрцитивных свойств [5] и обработки образцов [5,7], диапазона и градиента действующих полей [8] вызывает затруднения при сравнении экспериментальных результатов.

В данной работе представлены результаты измерений коэрцитивной силы пленок ферритов-гранатов с ориентацией (111) по полуширине как предельных, так и частных петель гистерезиса, записанных при квазистатическом изменении внешнего магнитного поля H . Для сравнения измерения H_c проведены также методом осцилляций доменных границ [3–6] на частоте 74 Gz. при использовании обоих методов исследовали область образца диаметром 1.5 mm. Поле H прикладывали вдоль оси легкого намагничивания, перпендикулярно плоскости пленки. Далее результаты приведены для пленки состава $(Y, Lu, Gd, Bi)_3(Fe, Al)_5O_{12}$ с параметрами: толщина $h = 2.9 \mu\text{m}$, равновесный период полосовых доменов $P_0 = 5.8 \mu\text{m}$, намагниченность насыщения $M_s = 23 \text{Gs}$, поле одноосной анизотропии $H_k = 1700 \text{Oe}$.

Для пленок ферритов-гранатов имеет место большое различие H_c и поля насыщения пленки H_s (обычно $H_s/H_c \sim 100$), что предъявляет дополнительные требования к экспериментальной аппаратуре [4]. В работе измерения проведены на магнитооптической установке с использованием эффекта Фарадея. Высокая чувствительность установки достигнута благодаря использованию в качестве источника света модулированного излучения гелий-неонового лазера с СВЧ-накачкой, селективных усилителей в дифференциальной схеме регистрации сигнала, стабилизации режимов работы установки [9]. Для регулировки магнитного поля использовали двухполярный стабилизатор тока электромагнита, позволяющий производить измерения при квазистатическом изменении магнитного поля с заданной скоростью без механического переключения полярности тока [10].

Максимальную величину поля H при записи петель гистерезиса изменяли в широком интервале полей $H = (0.01-10)H_s$, где H_s — поле насыщения пленки. Диапазон изменения H определялся сверху превышением в несколько раз величины поля насыщения пленки H_s для записи предельных петель гистерезиса, снизу — превышением в 1.5–2 раза величины коэрцитивной силы H_c , измеренной для предельной петли. Скорость изменения H составляла 0.1–1 Oe/s. Петли гистерезиса имели вид, типичный для низкокоэрцитивных пленок ферритов-гранатов [11]. Поле зарождения доменной структуры при размагничивании из насыщенного состояния $H_n \sim 0.8H_s$.

Величина коэрцитивной силы пленок ферритов-гранатов зависит от максимальной напряженности магнитного поля H , которое достигается в процессе перемагничивания образца (рис. 1), а вид зависимости

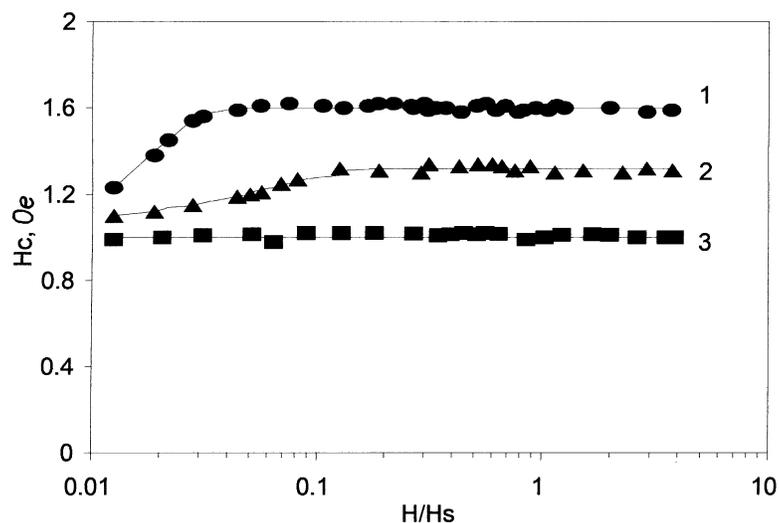


Рис. 1. Зависимости коэрцитивной силы H_c от максимальной напряженности внешнего магнитного поля H для температуры 25 (1), 35 (2) и 45°C (3).

$H_c(H)$ существенно изменяется при повышении температуры с одновременным уменьшением коэрцитивной силы [12]. Эту зависимость можно характеризовать критической величиной поля H^* ; при $H < H^*$ ширина петли гистерезиса начинает уменьшаться. Величина H^* сильно изменяется с температурой: $H^*/H_c = 3.5$ при $T = 25^\circ\text{C}$ и $H^*/H_c = 15$ при $T = 35^\circ\text{C}$. Столь значительное изменение H^* имеет место в узком интервале температур, когда основные магнитные параметры пленки — M_s (рис. 2, 1), H_s изменяются менее чем на 10%. В то же время $H^*/H_n < 0.1$, следовательно, причины изменения H^* не связаны с процессами зарождения доменов. Оставляя в стороне другие возможные механизмы изменения H_c при изменении температуры [13] из-за смены вклада различного типа дефектов в H_c , отметим причины, которые могут приводить к противоречиям между результатами измерений коэрцитивной силы, полученными методами осцилляций доменных границ и по полуширине петли гистерезиса.

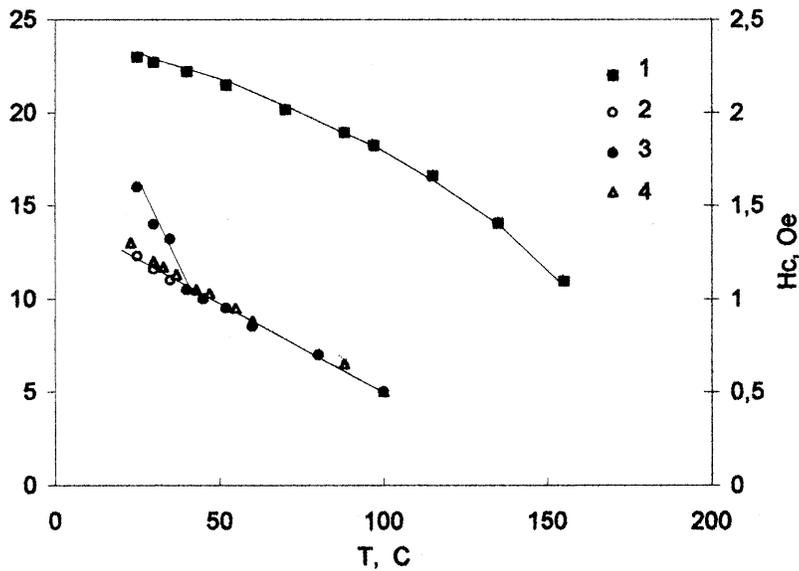


Рис. 2. Температурные зависимости намагниченности насыщения M_s (1) и коэрцитивной силы H_c , измеренной по полуширине частных (2, $H = 2.5$ Oe), предельных (3) петель гистерезиса и методом осцилляций доменных границ (4).

Метод осцилляций основан на регистрации зависимости амплитуды смещения доменных границ от переменного магнитного поля (по существу, регистрируется огибающая частных петель гистерезиса). Экстраполяцией линейной части этой зависимости к нулевому значению смещения доменной границы определяют поле коэрцитивности. Результаты измерения H_c (рис. 2, 4) совпадают с результатами, полученными по полуширине предельной петли гистерезиса (рис. 2, 3), для частного случая, когда не проявляются динамические эффекты при перемагничивании в переменном поле, а H_c не зависит от H (H_c для предельной и частных петель гистерезиса равны, рис. 1, 3) и H_c на нисходящей и восходящей ветвях петли совпадают; для представленных в работе результатов это соответствует $T > 45^\circ\text{C}$. Таким образом, различие между величинами H_c , измеренными по полуширине предельной петли гистерезиса и методом осцилляций, наиболее выражено в области перегиба на температурной зависимости коэрцитивной силы.

Авторы благодарят А.Ю. Трошина за предоставление пленок ферритов-гранатов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 98-02-03325.

Список литературы

- [1] Дикштейн И.Е., Лисовский Ф.В., Мансветова Е.Г., Чижик Е.С. // ЖЭТФ. 1991. Т. 100. В. 5. С. 1606–1626.
- [2] Кандаурова Г.С., Осадченко В.Х. // Письма в ЖТФ. 1994. Т. 20. В. 21. С. 24–28.
- [3] Josephs R.M. // AIP Conf. Proc. 1972. V. 10. P. 286–303.
- [4] Бажажгин Г.А., Ильичева Е.Н., Мушенкова И.В. и др. // ЖТФ. 1985. Т. 55. В. 2. С. 396–399.
- [5] Vertesy G., Pardavi-Horvath M., Bodis L., Pinter I. // J. Magn. Magn. Mat. 1988. V. 75. P. 389–396.
- [6] Ильчишин О.В., Макмак И.М. // Деп. УкрНИИТИ № 2700. Донецк, 1986. 22 с.
- [7] Торопов А.Ю., Клюев В.А., Валеико М.В. // Письма в ЖТФ. 1998. Т. 24. В. 1. С. 73–78.
- [8] Григоренко А.Н., Мишин С.А., Рудашевский Е.Г. // Письма в ЖТФ. 1987. Т. 13. В. 18. С. 1147–1151.
- [9] Логунов М.В., Герасимов М.В. // НМММ-XV (Тез. докл. всерос. школы-семинара). М., 1996. С. 505–506.
- [10] Логунов М.В., Червенков В.Д. // ПТЭ. 1997. № 1. С. 166–167.
- [11] Шишков А.Г., Ильичева Е.Н., Гришачев В.В. // НМММ-XV (Тез. докл. всерос. школы-семинара). М., 1996. С. 163–164.
- [12] Логунов М.В., Герасимов М.В. // НМММ-XVI (Тез. докл. междунар. школы-семинара). М., 1998. С. 559–560.
- [13] Vertesy G., Tomas I. // J. Appl. Phys. 1995. V. 77. N 12. P. 6426–6431.