

05.2; 09

© 1992

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В ИИ ПЛЕНКАХ ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ ПЛАНАРНЫМ ПОЛЕМ

В.В. К а т а л ь н и к о в, Ю.Н. П и м е н о в

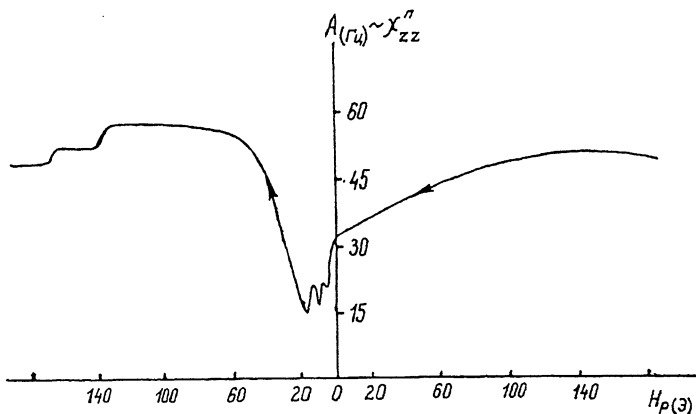
1. Поведение доменных границ (ДГ) и их перемагничивание под действием статического планарного поля H_p , направленного оппозитно полю зарождения границ в полосовой доменной структуре (ПДС), изучалось в работах [1, 2]. Описанные ранее эксперименты выявили ряд особенностей поведения магнитной восприимчивости при перемагничивании ДГ. В частности, для однослойных пленок, наблюдались два излома мнимой части восприимчивости в полях H_p порядка 1 Э и 5–10 Э, которые авторы объясняют условиями зарождения и эволюцией горизонтальных блоховских линий (ГБЛ) в доменных границах [2–4].

Данная работа посвящена изучению преобразования ДГ под действием H_p в двухслойных пленках.

2. Исследовались Bi -содержащие эпитаксиальные феррит-гранатовые пленки состава $(YEuTmCaBi)_3(FeGe)_5O_{12}$ толщиной порядка 3 мкм, периодом ПДС ~ 3 мкм, $H_A \sim 1300$ Э, $H_K \sim 140$ Э, которые были проимплантированы ионами Ne^{2+} дозой 40, 60, 100 мкКл и энергией 150 кэВ. Методика формирования ДГ аналогична приведенной в работах [1, 2]. Контроль за поведением ДГ при воздействии на нее оппозитивного поля H_p осуществлялся при помощи индуктивно-частотной методики. Измерительный генератор работал на частоте 1 МГц, создавая переменное поле малой амплитуды перпендикулярно плоскости пленки.

Кроме уже известных двух изломов восприимчивости, на наших объектах исследования наблюдается третий излом (пик) (см. рисунок) в области полей H_p порядка 14–20 Э, имеющий необратимый характер и ориентационную зависимость, определяемую предысторией формирования ДГ. Для образцов с дозой облучения $D = 40$ мкКл он наблюдается независимо от того, в каком направлении относительно проекций кубических осей зарождалась ПДС; для образцов, облученных дозой $D = 60$ мкКл, третий пик наблюдается только тогда, когда ПДС формировалась вдоль проекций осей легкого намагничивания, а при $D \geq 100$ мкКл третий пик вообще отсутствует.

Наличие и поведение третьего пика на кривой магнитной восприимчивости может служить хорошим индикатором подавления „жестких“ ЦМД. Измерение поля жесткости при указанных выше дозах облучения дали соответственно 0,2, 0,7 и 2,5 Э.



Зависимость изменения частоты измерительного генератора $A(\Gamma\text{ц})$ от величины планарного поля $H_p(\text{Э})$; \leftarrow направление изменения поля H_p .

Еще одно отличие от однослойных образцов наблюдается в области полей 130–160 Э, где на кривой восприимчивости, кроме основного [1–2], появляется дополнительный „уступ“.

3. Для объяснения наблюдаемых особенностей перемagnичивания воспользуемся моделью скрученной доменной границы. Считаем, что ДГ расположена в плоскости xOz , причем ось Oz перпендикулярна плоскости пленки. Ориентацию магнитного момента будем характеризовать углом наклона θ , который отсчитывается от оси Oz , и азимутальным углом φ , отсчитываемым от оси Ox в плоскости xOy . Изменение $\varphi(z)$ во внешнем поле рассчитывалось в работе [3], однако там эта зависимость относится по сути к средней линии $y=0$ и не позволяет судить о поведении намагниченности по толщине ДГ. Кроме того, наличие ионоимплантированного слоя (ИИС) делает зависимость от z не симметричной.

Предполагаем, что сечение ДГ в плоскости yOz можно условно разбить на ряд областей, в каждой из которых обменную энергию неоднородности можно не учитывать, а поле размагничивания считаем однородным.

Для области, содержащей в основном ИИС, учитывая энергию одноосной и кубической анизотропии, а также энергию поля размагничивания и зеемановскую энергию взаимодействия с полем H_p , из условия минимума получается уравнение

$$\operatorname{tg} \varphi_u = \frac{h \bar{\alpha}}{h + 2 \cos \varphi_u - \bar{\alpha} + 4 \bar{\alpha} \cos^2 \varphi_u}, \quad (1)$$

которое определяет зависимость азимутального угла φ_u в ИИС от приложенного поля h ($h = \frac{H_p}{2 \chi M \sin \theta_u}$, θ_u – угол наклона; маг-

нитного момента, значение которого близко к $\frac{\pi}{2}$). Здесь $h_d = \frac{H_d}{2\pi M \sin \theta_u}$ - безразмерное поле размагничивания в ИИС, $\alpha = \frac{K_1 \sin 2\theta_u}{2\sqrt{2}\pi M^2}$, K_1 - константа кубической анизотропии. Отсюда

видно, что в полях, превышающих поле размагничивания в ИИС, происходит переполяризация данной области, причем ориентирование ДГ вдоль проекций осей легкого намагничивания облегчает этот процесс.

То, что третий пик связан с магнитостатическим полем ИИС, подтверждается экспериментально: при частичном стравлении ИИС эта особенность поведения магнитной восприимчивости исчезает.

4. При слабых дозах облучения, когда ИИС занимает малую долю и его магнитный момент жестко связан с намагничиванием основного поля (ОС), процесс перемагничивания ИИС при зарождении ГБЛ идет одновременно с ОС и какие-либо дополнительные особенности в поведении χ'' отсутствуют. При увеличении дозы облучения, когда профиль распределения радиационных дефектов (а следовательно, и его магнитоактивной части) носит колоколообразный характер [5] с образованием аморфной зоны, магнитный момент ИИС приобретает относительную подвижность, и его перемагничивание определяется действием двух факторов - магнитостатического поля в слое и планарного поля. Наконец, при больших дозах облучения магнитный момент слоя и магнитостатическое поле ИИ слоя сильно уменьшаются и эффект переполяризации его смазывается.

5. Другая особенность обусловлена поведением намагниченности вблизи края ДГ ($y \pm \delta$, где 2δ - ширина доменной стенки). Здесь можно пренебречь энергией кубической анизотропии по сравнению с одноосной, а величину эффективного поля размагничивания принять равной $-4\pi\alpha M$, где параметр $\alpha \ll 1$, принимающий близкие, но разные значения для $z > 0$ и $z < 0$.

Условие минимума плотности энергии приводит к уравнению, определяющему равновесный угол наклона

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{h}{\alpha + 2Q \cos \theta}, \quad (2)$$

где $\theta = \frac{K}{2\pi M^2}$ - фактор качества, $h = \frac{H_p}{2\pi M}$.

Следовательно, переполяризация ДГ завершается при $H_p \approx 2\pi M$, что согласуется качественно и по порядку величины планарного поля с экспериментально наблюдаемыми „уступами“. Наличие двух „уступов“ есть следствие слоистости образца.

Авторы благодарны А.М. Гришину и И.А. Мельничуку за полезные обсуждения данной работы.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Ялышев Ю.И., Лукаш К.И., Показаньев В.Г. // ФТТ. 1984. Т. 26. В. 5. С. 1549-1551.
- [2] Барьяхтар Ф.Г., Гришин А.М., Зиновук А.В., Мартынович А.Ю., Приходько Л.И. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 2. С. 89-93.
- [3] Ялышев Ю.И., Жеберляев И.Ф., Показаньев В.Г. // ФТТ. 1988. Т. 30. В. 1. С. 32-39.
- [4] B a r' y a k h t a r F. G., G r i s h i n A. M., Z i n o v u k A. V., P r i k h o d' k o L. I. // Phys. Lett. A. 1990. V. 143. N 45. P. 264-266.
- [5] Элементы и устройства на ЦМД. Справочник. М.: Радио и связь. 1987. 488 с.

Поступило в Редакцию
21 апреля 1992 г.