

- [4] Zhang Y., Liang D., Xie S., Huang J., Rao G., Cheng X., Liu H., Zheng D. and Qia Sh. // Phys. D. 1988. V. 21. N 6. P. 845-847.
- [5] Gingley D.S., Venturini E.L., Kwak Y.E., Baughman R.J., Carr M.J., Hlava P.F., Schirber J.E. and Morosin B. // Physica C. 1988. V. 152. N 8. P. 217-222.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Поступило в Редакцию
5 сентября 1988 г.
В окончательной редакции
8 декабря 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 2
05

26 января 1989 г.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В ОДНООСНЫХ ПЛЕНКАХ ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ В ПЛАНАРНОМ ПОЛЕ

Ф.Г. Барьяхтар, А.М. Гришин,
А.В. Зиновук, А.Ю. Мартынович,
Л.И. Приходько

1. В настоящее время интенсивно исследуются возможности создания запоминающих устройств с большой плотностью записи информации на основе вертикальных блоховских линий (ВБЛ). Одним из способов генерации ВБЛ является перемагничивание доменных границ (ДГ) магнитным полем, параллельным плоскости феррит-гранатовой пленки [1].

В данной работе исследован процесс преобразования и механизм потери устойчивости структуры границ полосовых доменов в планарном поле в одноосных пленках ферритов-гранатов.

2. Полосовая доменная структура в магнитоодноосной пленке контролировалась магнитооптическим методом. Планарным полем H_p величиной 500 Э, направленным вдоль полосовых доменов, все ДГ были поляризованы в одном направлении (намагниченность \vec{M} в центре каждой ДГ совпадала с направлением \vec{H}_p). Состояние ДГ при уменьшении поля H_p контролировалось измерением зависимости χ''_{zz} от H_p и частоты возбуждающего поля (χ'' - мнимая компонента комплексной высокочастотной восприимчивости, z - координата в направлении нормали к магнитной пленке).

На рис. 1 схематически приведена зависимость $\chi''_{zz}(H_p)$. При положительных значениях H_p кривая $\chi''(H_p)$ имеет максимум, со-

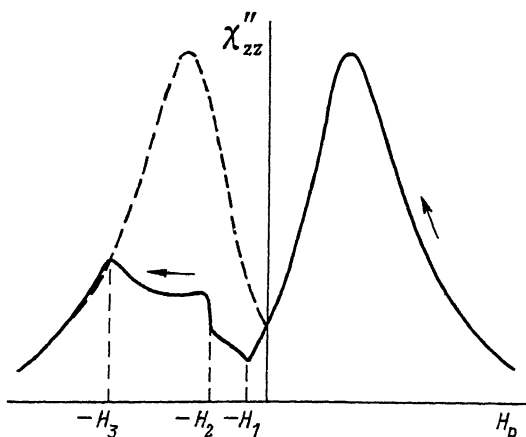


Рис. 1. Зависимость χ''_{zz} от величины планарного поля H_p . Стрелками указано направление изменения поля. Пунктиром показана зависимость $\chi''_{zz}(H_p)$ для ДГ, поляризованных в направлении отрицательного поля.

ответствующий резонансу ДГ. Вплоть до поля $H_p = -H_1$, в котором наблюдается излом, она обратима и соответствует поляризованным в одном направлении ДГ. При достижении поля $-H_1$ характер зависимости χ'' от H_p необратимо изменяется. В поле $H_p = -H_2$ наблюдается скачок, а в поле $H_p = -H_3$ — экстремум χ'' . Дальнейшее изменение поля в области $H_p < H_1$ приводит к зависимости $\chi''(H_p)$, показанной на рис. 1 пунктиром.

3. Особенность восприимчивости в поле H_2 известна и хорошо изучена [2-4]. При $H_p = -H_2 \sim 5-25$ Э в ДГ, поляризованных оппозитно планарному полю, зарождаются две ГБЛ на противоположных поверхностях пленки и давлением планарного поля выталкиваются в центральную часть ДГ. Скачок восприимчивости при $H_p = -H_2$ связан с резким повышением эффективной массы таких ДГ. Величина поля согласуется с рассчитанным полем зарождения 2π -ГБЛ [4]:

$$H_2 = 4\sqrt{2\pi} \frac{\sqrt{A}}{h}, \quad (1)$$

A — константа обмена, h — толщина пленки. Дальнейшее увеличение оппозитного планарного поля приводит к аннигиляции ГБЛ при $H_p = -H_3$ вследствие преодоления сил обменного отталкивания блоховских линий. Аннигиляция ГБЛ завершает перемагничивание ДГ.

4. Особый интерес представляет необратимое перемагничивание ДГ, происходящее в поле $H_p = -H_1 \sim (1-6$ Э). Если планарное поле после достижения значения $-H_1$ сбросить до нуля, то зависимость χ'' от частоты возбуждающего поля ν полностью совпадает с аналогичной зависимостью в случае ДГ, поляризованных в одном направлении. Однако в поле $H_p \neq 0$ максимум на зависимости $\chi''(\nu)$

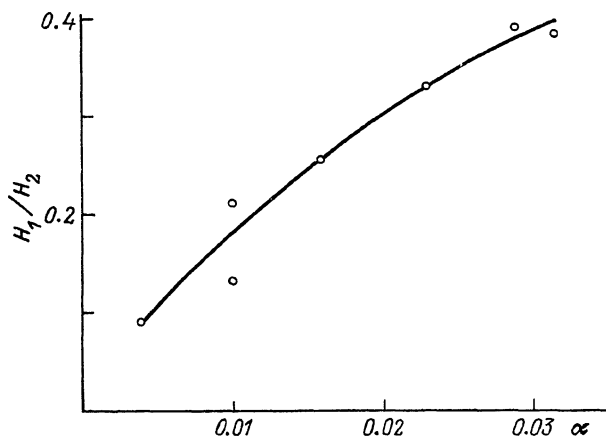


Рис. 2. Экспериментальная зависимость величины поля спонтанного перемагничивания ДГ H_1 (нормированного на H_2) от параметра затухания α .

смещается относительно резонанса ДГ, поляризованных в одном направлении. Этот результат позволяет утверждать, что в поле $-H_1$ происходит перемагничивание части ДГ. Действительно, при $H_p = 0$ резонансные свойства противоположно поляризованных ДГ одинаковы ввиду равенства их эффективных масс. В поле $H_p \neq 0$ это вырождение снимается.

5. Преобразование структуры ДГ в столь малых полях может происходить в результате возникновения в них ГБЛ в одной поверхности пленки и раскручивания ее у противоположной поверхности. В планарном поле H_p ГБЛ зарождается при достижении границы критической скорости $U_{кр}$ [4]:

$$U_{кр} = \frac{\pi}{2} \gamma \Delta (H_p + H_2), \quad (2)$$

γ - гиромагнитное отношение, $\Delta = \sqrt{\frac{A}{K}}$ - ширина ДГ, K - константа одноосной анизотропии. Запись этой формулы через поле H_2 отражает тот факт, что зарождение ГБЛ в неподвижной ДГ ($U_{кр} = 0$) происходит в поле $H_p = -H_2$ из (1).

В неподвижной ДГ изгиб отдельных ее участков может быть вызван перемещением блоховских линий. Так движение ГБЛ со скоростью $U_{ГБЛ}$ приводит к смещению ДГ на величину [5, 6]:

$$q = \frac{\gamma M U_{ГБЛ}}{2\gamma K_0^{1/2} (AK)^{1/4}} \exp \left[-\frac{K_0^{1/2} |z - z_0|}{2(AK)^{1/4}} \right]. \quad (3)$$

Это смещение локализовано в окрестности ГБЛ, имеющей координату Z_0 , K_0 – коэффициент возвращающей силы, действующей на ДГ со стороны решетки полосовых доменов. Дифференцирование соотношения (3) по времени приводит к выражению для скорости участка ДГ, содержащего ГБЛ, в виде:

$$V_{ДГ} = \frac{\pi M \sigma_{ГБЛ}^2}{4\gamma(AK)^{1/2}}. \quad (4)$$

Скорость ГБЛ, в свою очередь, определяется из условия баланса сил – вязкого трения и давления, магнитного поля H_p :

$$V_{ГБЛ} = \frac{\pi Q^{1/2}}{2\alpha} \Delta \gamma H_p, \quad (5)$$

α – параметр затухания, Q – фактор качества.

Используя формулы (2), (4) и (5), получаем выражение для поля H_1 :

$$H_1 = H_2 \frac{\alpha}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{4}{\alpha}} - 1 \right), \quad (6)$$

$$\alpha = \frac{2\alpha^2 h}{\pi^2 Q^{1/2} \Delta}.$$

Это пороговое значение планарного поля, с которого начинается спонтанное зарождение ГБЛ. Зависимость H_1 от α была проверена экспериментально. Исследования проводились на образцах составов $(Y, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$, $(Y, Eu, Tm, Ca)_3(Fe, Ge)_5O_{12}$, $(Y, Eu)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$ с близкими параметрами, лежащими в пределах: $h = 3-5$ мкм, $A = 1.8 \cdot 10^{-7} - 2.1 \cdot 10^{-7}$ эрг/см, $4\pi M = 150-230$ Гс, $K = 2.3 \cdot 10^4 - 3.9 \cdot 10^4$ эрг/см³, и существенно различающихся по параметру затухания $\alpha = 0.004-0.03$. Приведенные на рис. 2 результаты качественно согласуются с формулой (5).

Таким образом, обнаружено необратимое спонтанное перемагничивание ДГ в полях, меньших поля зарождения ГБЛ H_2 . Теоретически и экспериментально установлена зависимость этого порогового поля от параметра затухания α .

Л и т е р а т у р а

- [1] Н и д а к а У. // Jap. J. Appl. Phys. 1986. V. 25. N 3. P. L228-L231.
- [2] Н u b e r t А. // J. Appl. Phys. 1975. V. 46. N 5. P. 2276-2287.
- [3] Ялышев Ю.И., Жеберляев И.Ф., Показаньев В.Г. // ФТТ. 1988. Т. 30. В. 1. С. 32-39.
- [4] Малоземов А., Слонзуски Дж. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами. М.: Мир, 1982. 382 с.

- [5] Никифоров А.В., Сонин Э.Б. // ЖЭТФ, 1986.
Т. 90. № 4. С. 1309-1317.
- [6] Звездин А.К., Попков А.Ф., Редько В.Г. //
ЖТФ, 1985. Т. 55. № 9. С. 1884-1886.

Донецкий физико-технический
институт АН УССР

Поступило в Редакцию
24 мая 1988 г.
В окончательной редакции
4 декабря 1988 г.