

05

© 1991

ОСОБЕННОСТИ КОЛЕБАНИЙ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ
В ПЛЕНКАХ ЖЕЛЕЗОИТТРИЕВОГО ГРАНАТАЕ.Г. Б ы к о в а, В.Л. Д о р м а н,
В.Л. С о б о л е в, Н.А. Ш е п и л о в

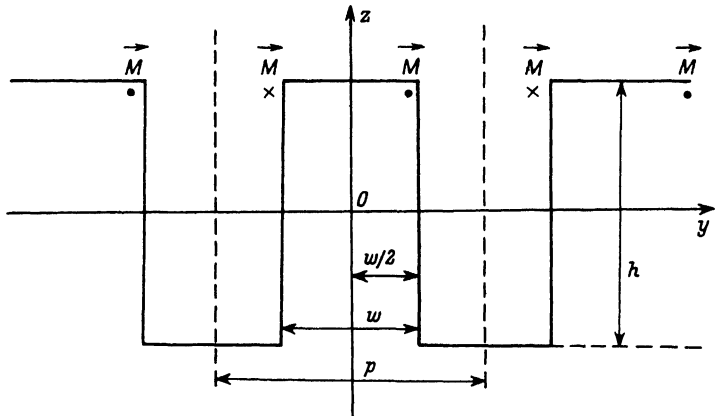
В динамике доменных границ (ДГ) в тонких магнитных пленках (ТМП) особый интерес представляет вопрос о возможности возбуждения резонанса собственных колебаний ДГ. Традиционным методом изучения резонанса ДГ в ТМП является метод, основанный на анализе высокочастотной магнитной восприимчивости χ . В ТМП с фактором качества $Q > 1$ ($Q = K_u/2\pi M^2$, K_u — одноосная анизотропия, $4\pi M$ — намагниченность насыщения) на зависимостях восприимчивости от частоты, отчетливо наблюдается резонансный максимум [1, 2], появление которого при определенной ориентации переменного магнитного поля однозначно связано с резонансом ДГ.

Представляет интерес изучить возможность возбуждения резонанса ДГ в пленках с фактором качества $Q < 1$, в частности, в пленках железоиттриевого граната (ЖИГ). Как показано в работе [3], наличие кубической анизотропии приводит к тому, что вектор намагниченности в основном состоянии ориентируется под некоторым углом к плоскости пленки; этот угол определяется отношением $|K_1|/|K|$ ($K = K_u - 2\pi M^2$, K_1 — константа кубической анизотропии) и достаточно мал. Можно предположить, что условия резонанса собственных колебаний ДГ в пленках ЖИГ с $Q < 1$ могут оказаться не реализуемыми в силу малости величин компоненты намагниченности ортогональной поверхности пленки. С последним обстоятельством может быть связана малая величина коэффициента жесткости, определяющего частоту колебаний ДГ.

В данной работе изучается возможность экспериментального наблюдения резонанса собственных колебаний ДГ системы полосовых доменов в пленках ЖИГ с фактором качества $Q < 1$ и достаточно малой величиной отношения $|K_1|/|K|$.

Рассмотрим систему полосовых доменов, характеризующуюся периодом структуры P , шириной домена W в ТМП с толщиной h , плоскость которой совпадает с плоскостью (xOy) системы координат $\{xyz\}$. На рисунке показано распределение намагниченности в исследуемой структуре.

Если пренебречь кривизной торцов полосовых доменов, то проекция магнитного момента на ось Oz определяется следующим выражением:



Распределение намагниченности в исследуемой системе полосовых доменов.

$$M_z = M \sin \theta' \rho(y) \theta(z + h/2) \theta(z - h/2), \quad (1)$$

где $\theta' = \frac{\sqrt{2}}{6} \frac{|K_1|}{|K|}$ - угол выхода вектора намагниченности из плоскости пленки [3], $\theta(z)$ - ступеньчатая функция, $\rho(y)$ - прямоугольная функция. Используя выражение (1), определяем магнитостатическую энергию данной системы:

$$\omega = 2\pi h M \sin^2 \theta' \cdot \left(\frac{2w - p}{p}\right)^2 + 8M^2 p \pi^{-2} \sin^2 \theta' \sum_{n=1}^{\infty} n^{-3} \left(1 - e^{-\frac{2\pi n h}{p}}\right) \sin^2 \frac{\pi n w}{p}.$$

Будем исследовать малые колебания ДГ системы полосовых доменов, плотность энергии которой имеет вид:

$$\omega = 2h\sigma p^{-1} + 2\pi h M \sin^2 \theta' \cdot \left(\frac{2w - p}{p}\right)^2 + 8M^2 p \pi^{-2} \sin^2 \theta' \sum_{n=1}^{\infty} n^{-3} \left(1 - e^{-\frac{2\pi n h}{p}}\right) \sin^2 \frac{\pi n w}{p}, \quad (2)$$

где σ - энергия доменной стенки.

Раскладывая (2) в ряд по степеням малых отклонений от положения равновесия q_e , с учетом того, что условием равновесия является равенство $\left(\frac{\partial \omega}{\partial q_e}\right) \Big|_{q_e=0} = 0$, получаем постоянную возвращающей силы в виде:

$$k = 16 M^2 h^{-1} \sin^2 \theta' \ln ch \frac{\pi h}{\rho}. \quad (3)$$

Используя (3) и выражение для массы Деринга [1], запишем частоту собственных колебаний ДГ системы полосовых доменов в пленках ЖИГ с $Q < 1$:

$$\omega_k = \frac{4\sqrt{2}}{3} M \gamma \frac{|K_1|}{|K|} \left[\frac{\pi \Delta}{k} \cdot \frac{\ln ch \frac{\pi h}{\rho}}{(1 + \alpha^2)} \right]^{1/2},$$

где γ - гиромагнитное отношение, Δ - ширина доменной стенки [5], α - параметр затухания.

Возможность наблюдения резонанса собственных колебаний рассматриваемой системы полосовых доменов определяется отношением ω_k/ω_α , $\omega_\alpha = 4\pi M \alpha \gamma (1 + \alpha^2)^{-1}$ - частота, характеризующая вязкое затухание. Численные оценки с использованием параметров ТМП, приведенных в [4, 6], дают значения ω_k/ω_α 0,72, 0,61 соответственно. Полученный результат свидетельствует о том, что собственные колебания ДГ рассматриваемой системы полосовых доменов демпфированы „вязкостью“ среды.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] М а л о з е м о в А., С л о н з у с к и Дж. Доменные стенки в материалах с ЦМД. М.: Мир, 1982.
- [2] V e l l a - C o l e i r o G.P., S m i t h D.H., V i t e r t L.G. // J. Appl. Phys. 1972. V. 43. N8. P. 2428.
- [3] Б ы к о в а Е.Г., Д о р м а н В.Л., С а м б о р Н.П., С о б о л е в В.Л., Ш е п и л о в Н.А., Ш п а р е н - к о Н.Ф. Сб. ВНИИ Монокристалл, Харьков. 1988. № 23. С. 3-11.
- [4] Б е л я е в Б.А., К у л и н и ч С.Н., Т ю р н е в В.В. - Исследование квазистатического перемагничивания и высокочастотной восприимчивости пленок железо-иттриевого граната. Препринт № 556Ф, Красноярск.
- [5] Б ы к о в а Е.Г., Д о р м а н В.Л., Ш е п и л о в Н.А. Тез. докл. IУ Семинара по функциональной магнитоэлектронике, Красноярск, 1990. С. 48.
- [6] Ч и в и л е в а О.А., Г у р е в и ч А.Г., Э м и р я н Л.М. // ФТТ. 1987. Т. 29. В. 1. С. 110-115.

Поступило в Редакцию
18 ноября 1990 г.