

ВЛИЯНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ ДОМЕННОЙ ГРАНИЦЫ НА ЕЕ ДВИЖЕНИЕ В ПЛАНАРНОМ ПОЛЕ

А. Г. Шишков, В. В. Гришачев, Е. Н. Ильичева, Ю. Н. Федюнин

Динамические свойства доменных границ (ДГ) в феррит-гранатовых пленках (ФГП) определяются распределением магнитных моментов внутри ДГ. Структурными элементами ДГ являются вертикальные и горизонтальные блоховские линии (ВБЛ и ГБЛ), которые разделяют в ней участки с противоположными направлениями намагниченности [1]. В связи с возможностью создания устройства с сверхплотной магнитной памятью на ВБЛ [2] большое значение приобретает исследование процессов движения и преобразования прямой ДГ, а также влияние на них ВБЛ и ГБЛ. В ранее выполненных работах исследования проводились либо на цилиндрических магнитных доменах [3], либо на равновесной полосовой структуре [4]. Согласование этих результатов со свойствами прямой ДГ не всегда возможно. В то же время исследования свойств полосового домена (ПД) [5] проводились методами, не позволявшими наблюдать динамические свойства границ. В данной работе впервые проведены исследования влияния структуры прямой ДГ на ее динамические свойства в планарном поле. Методом высокоскоростной фотографии с оптическим увеличением поляризационного микроскопа до $\times 900$ и длительностью лазерной экспозиции 10 нс на длине световой волны 530 нм исследовалась ФГП со следующими параметрами: толщина $h=7.5$ мкм, характеристическая длина $l=1.75$ мкм, намагниченность насыщения $4\pi M_S=80$ Гс, фактор качества $Q=13$, гиромангнитное отношение $\gamma=0.95 \cdot 10^7$ Э⁻¹·с⁻¹, параметр затухания $\alpha=0.16$. С помощью системы напыленных проводников создавался специальный рельеф магнитного поля смещения $H_{\text{см}}$, который позволял сформировать одиночный прямой ПД. Он формировался в планарном поле, коллинеарном ДГ, с $H_{\text{пл}} > 8M_S=51$ Э, что приводило к однонаправленной поляризации границ. Мгновенные фотографии процесса сжатия ПД под действием импульса магнитного поля $H_{\text{имп}}$, перпендикулярного плоскости ФГП, выполнялись с временной задержкой t относительно фронта импульса. Сжатие, так же как и формирование ПД, происходило в $H_{\text{пл}}$, коллинеарном намагниченности в центре ДГ, при следующих его значениях (Э): +80, +32, +16, 0, -16, -32, -80. Экспериментально полученные зависимости ширины ПД W от t для полей в плоскости +80, 0 и -16 Э представлены на рис. 1; $H_{\text{см}}=21$, $H_{\text{имп}}=12$ Э. В зависимостях четко прослеживаются три стадии движения границы. В случае $H_{\text{пл}}=0$ (кривая 1) наблюдается равномерное движение со скоростью около 3 м/с, с небольшим скачком скорости в начале движения. Если поле в плоскости +80 Э (кривая 2), то в течение первых 20 нс хорошо наблюдается быстрое сжатие ПД со средней скоростью движения границ 40 м/с с последующим замедлением до 3 м/с и остановкой. Смена полярности поля $H_{\text{пл}}=-16$ Э (кривая 3), -32 Э приводит к появлению новой стадии — очень медленного движения со скоростью менее 0.4 м/с в течение первых 60 нс процесса сжатия. При $H_{\text{пл}}=-80$ Э очень медленная стадия движения ДГ отсутствует.

Согласно 2-мерной модели ДГ [1], в статике планарное поле $H_{\text{пл}}$, направленное против намагниченности в центре ДГ и большее некоторого минимального поля, определяемого параметрами пленки (в нашем случае $H_{2д} \approx 5$ Э), формирует 2π-ГБЛ (рис. 2). Возбуждение движения такой границы приводит к появлению гиротропной силы, смещающей 2π-ГБЛ к одной из поверхностей ФГП со скоростью [3, 4]

$$v_{\text{ГБЛ}}^{\text{теор}} = \mu_{\text{ГБЛ}} H_{\text{имп}}, \quad (1)$$

где $\mu_{\text{ГБЛ}} \approx \gamma \hbar / 2\pi$ — подвижность ГБЛ. Во время движения ГБЛ происходит сильная диссипация энергии импульса, что приводит к замедлению дви-

жения ДГ. С прорывом 2π -ГБЛ к поверхности завершается динамическое перемангничивание границы. С этого момента начинается резкий рост скорости движения ДГ. Если $H_{имп} > H_W = 2\pi M_S \alpha$ (H_W — поле Уокера), то при достижении критической скорости происходит ее срыв, что проявляется в еще одном изломе на динамической кривой сжатия (рис. 1, 3). Как показывает эксперимент, при больших отрицательных полях в плоскости по сравнению с $H_{2\pi}$ их рост слабо влияет на продолжительность динамического перемангничивания. При $H_{пл} = -80 \text{ Э} < -8M_S$ происходит либо статическое перемангничивание границы, что согласуется с ее одномерной моделью [1], либо

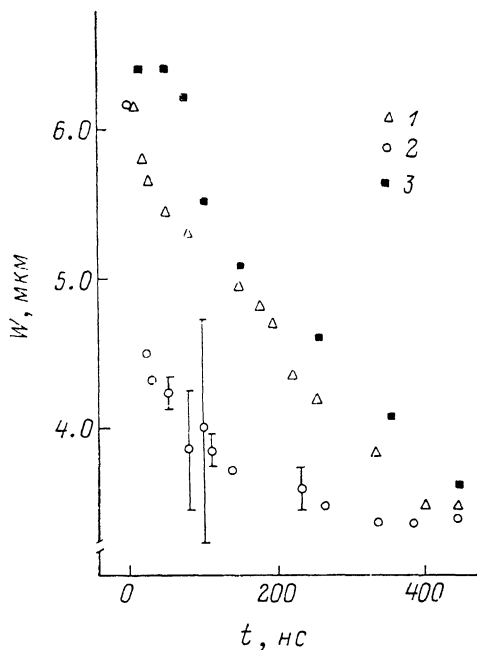


Рис. 1.

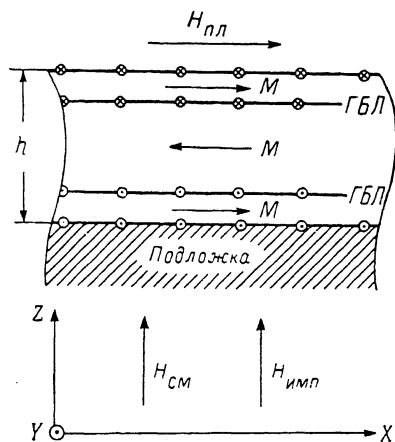


Рис. 2. Распределение намагниченности в центре доменной границы, направления внешних полей $H_{имп}$, $H_{см}$, $H_{пл}$.

2π -ГБЛ раскручивается в первый момент после прикладывания $H_{имп}$ без продолжительного прорыва к поверхности.

Из эксперимента можно определить продолжительность динамического перемангничивания ДГ $\Delta t = 60$ нс, тогда средняя скорость ГБЛ

$$V_{ГБЛ}^{эксп} = h/\Delta t = 125 \text{ м/с.} \quad (2)$$

С другой стороны, теоретическая средняя скорость, определяемая по формуле (1), равна 140 м/с. Таким образом, обнаруживается хорошее согласование оценок теоретической и экспериментальной скоростей движения ГБЛ в ДГ.

В заключение отметим, что предложенный метод является на сегодня единственным экспериментальным методом оценки скорости движения ГБЛ.

Л и т е р а т у р а

- [1] Малоземов А., Слоузуски Дж. Доменные стенки в материалах с ЦМД. М.: Мир, 1982, с. 362.
- [2] Konishi S. IEEE Trans. Magn., 1983, vol. MAG-19, N 5, p. 1838—1840.
- [3] Боков В. А., Волков В. В., Петриченко Н. Л. ФТТ, 1987, т. 29, № 8, с. 2333—2338.
- [4] MacNeal B. E., Humphrey F. B. IEEE Trans. Magn., 1979, vol. MAG-15, N 5, p. 1272—1284.
- [5] Hidaka Y. Jpn. J. Appl. Phys., 1986, vol. 25, N 3, p. L228—L231.

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова
Москва

Поступило в Редакцию
2 февраля 1988 г.
В окончательной редакции
18 мая 1988 г.