

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРМАЛЛОВЫХ ПЛЕНОК НА ЧЕРВЕОБРАЗНОЕ ДВИЖЕНИЕ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ

Я. М. ПОГОСЯН, С. А. АРУТЮНЯН

Исследовано влияние магнитных характеристик пермалловых пленок на процесс червеобразного движения доменных границ (ЧДГ). Показано, что амплитудные значения импульсных полей, соответствующих началу и концу ЧДГ, обусловлены полем анизотропии исследуемого образца. Объясняется уменьшение максимального отклонения суммарной намагниченности от размагниченного состояния ($\Delta S_{\text{max}}/S$) при ЧДГ в зависимости от магнитных характеристик исследуемых пленок и формы приложенных импульсных полей.

ЧДГ [1, 2], являющееся одной из разновидностей сползания, представляет собой колебание намагниченности вблизи размагниченного состояния путем непрерывного хаотичного движения доменных границ. Это явление, осуществляемое под действием импульсных однополярных полей (с наносекундными фронтами, $H_{\text{тп}} \approx 0,2—0,7 H_k$), ограничивает использование тонких пленок в элементах памяти в ЭЦВМ и других логических устройствах. Между тем полное понимание физики ЧДГ позволит использовать этот эффект для перемещения доменов заданной конфигурации по ферромагнитной пленке — явление, нашедшее применение в микроэлектронике при создании логических элементов, устройств, регистров [3, 4] и т. д.

В настоящей работе приводятся результаты исследования процесса ЧДГ в зависимости от магнитных характеристик исследуемых пленок. Исследовались пленки пермаллоя 80/20 Ni/Fe, полученные однократной вакуумной конденсацией 9 образцов и подвергнутые в дальнейшем термомagnetному отжигу в поле, приложенном в направлении оси трудного намагничивания (ОТН) при различных температурах [5], т. е. исследовались пленки одной толщины и одного диаметра с различными магнитными характеристиками, которые можно разделить на 3 основные группы (см. таблицу).

Таблица

Группа	Образцы	H_c , э	H_k , э	H_c/H_k	α_{90} , град.
I	1	3,05	8,8	0,34	1°
	2	2,8	7,4	0,38	1°10'
II	3	2,25	4,5	0,52	7°18'
	4	2,21	4,0	0,55	19°50'
III	5	1,82	2,15	0,9	11°61'
	6	1,3	0,88	1,55	—

Импульсные поля создавались с помощью нелинейного усилителя, собранного на лампах со вторичной электронной эмиссией [6], на вход которого подавались первоначальные импульсы с амплитудой 0,5 А и фронтом нарастания 10 нсек от импульсного генератора Г5-19. Усиленные импульсы достигали амплитуды 10 А. Во избежание дополнительных эффектов, связанных с действием заднего фронта ($\tau_{\text{задн.}}$) импульса [7], исследования ЧДГ осуществлялись под действием импульсного поля со ступенькой на заднем фронте, а продолжительность переднего фронта ($\tau_{\text{пер.}}$) варьировалась от 2 до 200 нсек.

На рис. 1 приводятся диаграммы [8], иллюстрирующие область существования ЧДГ в координатах $H_{\text{тн}}$, $H_{\text{тп}}$ в случае приложения импульсных полей с $\tau_{\text{пер.}} = 10$ нсек, $\tau_{\text{задн.}} = 10$ нсек. Видно, что во всех слу-

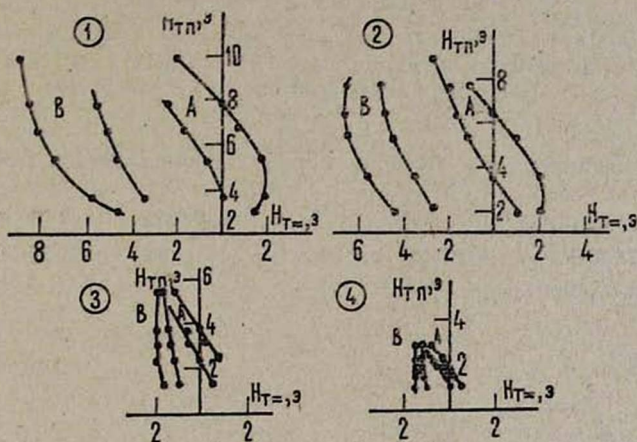


Рис. 1. Влияние параметра H_c/H_k пленок на область существования ЧДГ в координатах $H_{\text{тн}}$, $H_{\text{тп}}$: 1— $H_c/H_k = 0,34$; 2—0,38; 3—0,52; 4—0,9.

чаях существуют 2 области (А) и (В), обусловленные эффектами, вызванными соответственно передним и задним фронтами [7]. Характерной особенностью здесь является то, что с ростом H_c/H_k пленок наблюдается уменьшение областей (А) и (В) и соответственно ЧДГ наблюдается при сравнительно меньших полях. Однако как видно из рис. 2, ЧДГ осуществляется примерно в одинаковых импульсных полях, нормированных к полю анизотропии исследуемых пленок. Это дает основание утверждать, что амплитудные значения полей начала и конца ЧДГ обусловлены полем анизотропии исследуемого образца.

Рост продолжительности переднего фронта импульса смещает начало ЧДГ в сторону больших полей $H_{\text{тп}}$, и по мере увеличения $\tau_{\text{пер.}}$ ЧДГ подавляется в образцах с меньшими H_c/H_k (см. рис. 3). Из графиков следует, что в каждой пленке в отдельности ЧДГ кончается при одном и том же амплитудном значении импульсного поля, пропорциональном H_k данной пленки, независимо от $\tau_{\text{пер.}}$ (см. рис. 3, табл.).

Другой характерной особенностью ЧДГ является то, что по мере роста H_c/H_k образцов максимальное отклонение суммарной намагниченно-

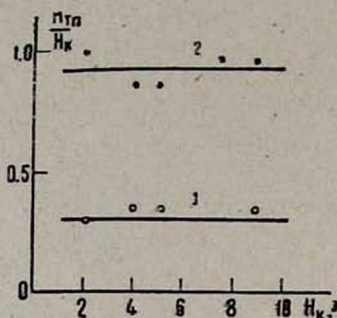


Рис. 2.

Рис. 2. Амплитудные значения импульсных полей начала (1) и конца (2) ЧДГ в зависимости от H_k пленок.

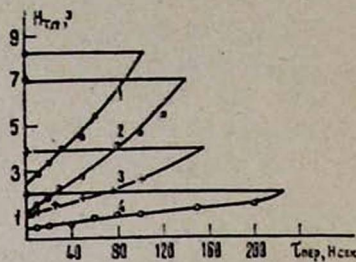


Рис. 3.

Рис. 3. Области значений полей H_{tp} , где наблюдается ЧДГ, в зависимости от продолжительности переднего фронта импульса $t_{пер}$ для пленок: 1— $H_c/H_k = 0,34$; 2—0,38; 3—0,52; 4—0,9.

сти от размагниченного состояния $\frac{\Delta S_{max}}{S}$, уменьшается (см. рис. 4). Зависимость величины $\max H_p^*$ от H_c исследуемых пленок приведена на рис. 5, откуда видно, что как и в [9], $\max H_p^*$ практически зависит от H_c исследуемых пленок.

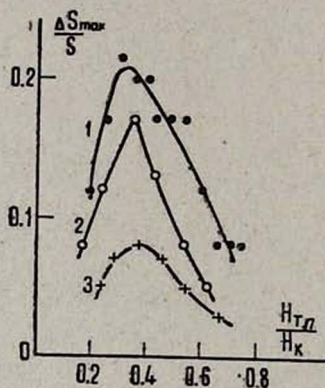


Рис. 4.

Рис. 4. Изменение величины максимального отклонения намагниченности от состояния размагничивания при ЧДГ в зависимости от H_{tp}/H_k для пленок: 1— $H_c/H_k = 0,38$; 2—0,52; 3—0,9.

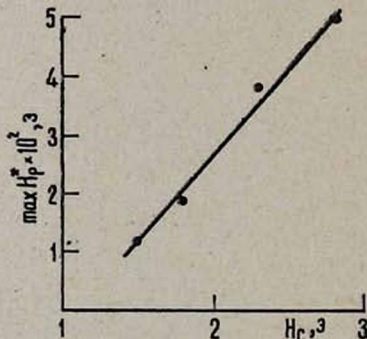


Рис. 5.

Рис. 5. Зависимость величины максимального размагничивающего поля $\max H_p^*$ от H_c пленок.

Обсуждение результатов

Установлено [1, 2, 7], что для обеспечения условий непрерывного движения доменных границ необходимо, чтобы в каждый момент времени на границу действовали бы локальные поля в направлении оси легкого на-

магнитизации $H_{до}$, способные вызвать сползание под действием наносекундного импульсного поля $H_{ти}$.

Основными источниками возникновения поля $H_{до}$ в свете [2, 10] являются наличие дисперсии (макро- и микро-)анизотропии в пленках ($H_{эфф}$), возникновение размагничивающих полей при отходе суммарной намагниченности от размагниченного состояния ($H_p^* = 0$) и т. д. Естественно думать, что чем больше дисперсия, тем эффективность ее проявляется сильнее, ибо поле $H_{эфф}$ обусловлено исходным расположением векторов намагниченности по обеим сторонам доменной границы.

Магнитооптические наблюдения показали, что хотя и в действительности в пленках с большой «гофмановской» дисперсией индуцируются большие динамические эффекты [7] (об этом свидетельствует рост эффективности сползания границы за один импульс δ мкм/имп), но эффективность суммарного колебания намагниченности, что одно и то же развиваемое H_p^* , мала. Нами уже было показано [11], что отклонение намагниченности от состояния размагничивания при ЧДГ может иметь место вплоть до $H_{эфф} - H_p^* \approx H_{до}$ при условии, что граница при заданном амплитудном значении $H_{ти}$ может смещаться сползанием в поле $H_{до} < H_{эфф}$. Однако поскольку «гофмановская» дисперсия обусловлена локальным колебанием намагниченности, то его вклад при ЧДГ приводит к тому, что если только из-за макродисперсии поле $H_{эфф}$ действовало более или менее однородно на большой протяженности границы l_0 , то теперь участки l_0 раздробляются на более мелкие сегменты уже со своими знаками $\Delta\phi$ [10]. Здесь уже в целом границе трудно смещаться в одну сторону из-за возникших дополнительных эффектов, связанных как с жесткостью границы, так и с возникновением локальных полей, действующих в направлении ОЛН и обусловленных деформацией границы [1].

Характерно то, что рост амплитудного значения поля $H_{ти}$ также приводит к уменьшению $H_p^*(\Delta S_{max})$ в пленках с малой «гофмановской» дисперсией (см. рис. 4, 1), что также, по-видимому, связано с вышеизложенным, т. е. предполагается, что с увеличением амплитудного значения $H_{ти}$ «гофмановская» дисперсия проявляется сильнее. И, наконец, исчезновение ЧДГ с ростом $\tau_{пер}$ в свете вышеизложенного обусловлено уменьшением величины l_0 настолько, что она становится соизмеримой с q (q — расстояние между круговой и крестообразной линиями Блоха в границе [2]).

Ереванский государственный
университет

Поступила 3.V.1977

ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Христенко и др. ФММ, 34, 1179 (1972).
2. Я. М. Полюсян, С. А. Арутюнян. ФММ, 36, 270 (1973).
3. В. И. Малютин, Г. И. Мартышева. Автоматика и телемеханика, 10, 146 (1970).
4. Н. П. Васильева, В. И. Малютин. Приборы и системы управления, 6, 15 (1973).
5. А. А. Едигарян, М. В. Папаян, Т. А. Полюсян. Изв. АН АрмССР, Физика, 2, 259 (1967).

6. О. С. Кологов, В. А. Пожжев, Р. В. Телеснин. Методы и аппаратура для исследования импульсных свойств ТМП, Изд. МГУ, 1970.
7. Я. М. Погосян, Г. Г. Шакарян, А. Н. Товмасын. Изв. АН АрмССР, Физика, 12, 368 (1977).
8. Я. М. Погосян, С. А. Арутюнян, К. А. Ованесян. Изв. АН АрмССР, сер. тех., 28, 11 (1975).
9. Я. М. Погосян, Г. Г. Шакарян. ФММ, 38, 442 (1974).
10. Я. М. Погосян, Г. Г. Шакарян. ФММ, 44, 190 (1977).
11. Я. М. Погосян, С. А. Арутюнян, Г. Г. Шакарян. ФММ, 45, 66 (1978).

**ՊԵՐՄԱԼՈՅ ԹԱՂԱՆԹՆԵՐԻ ՄԱԳՆԵՍԱԿԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ
ԱԶԳԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԴՈՄԵՆԱՅԻՆ ՍԱՀՄԱՆՆԵՐԻ ՈՐԴԱՆՄԱՆ
ՇԱՐԺՄԱՆ ՎՐԱ**

Յա. Մ. ՊՈԳՈՍՅԱՆ, Ս. Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

Ուսումնասիրված է պերմալոյ թաղանթների մագնիսական պարամետրերի ազդեցությունը դոմենային սահմանների որդանման շարժման պրոցեսի վրա: Ցույց է տրված, որ որդանման շարժման սկզբին և վերջին համապատասխանող իմպուլսային դաշտերի ամպլիտուդային արժեքները պայմանավորված են ուսումնասիրվող նմուշի անիզոտրոպիայի դաշտով: Բացատրվում է դոմենային սահմանների որդանման շարժման պրոցեսում ապամագնիսացման վիճակի նկատմամբ ունեցած մագնիսականության մաքսիմալ շեղման ($\Delta S_{\max}/S$) փոքրացումը, կախված հետազոտվող թաղանթների մագնիսական պարամետրերից և կիրառված իմպուլսային դաշտերի ձևից:

**THE INFLUENCE OF MAGNETIC CHARACTERISTICS
OF PERMALLOY FILMS ON THE DOMAIN WALLS STREAMING**

Ja. M. POGOSYAN, S. A. ARUTUNYAN

The influence of magnetic characteristics of permalloy films on the domain walls streaming is investigated. It is shown, that the amplitude values of pulsed fields corresponding to the beginning and the end of the streaming is stimulated by the anisotropy field of the investigated specimen. The decrease of the maximum divergence of the total magnetization from demagnetized state ($\Delta S_{\max}/S$) at the streaming as depending on the magnetic characteristics of investigated films and the form of the applied pulsed fields is explained.