

О ДВИЖЕНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ДОМЕННЫХ СТЕНОК

*О.С.Колозов, М.Н.Лобачев, В.А.Шогожев,
Р.В.Телесни*

Впервые исследована скорость движения 180-градусных динамических доменных стенок, возникающих при импульсном перемагничивании магнитных пленок. Обнаружено, что в пленках толщиной от 500 до 1200 Å скорость движения этих стенок от 1.5 до 5 раз превышает скорость движения равновесных стенок.

Изучение движения динамических доменных стенок, образующихся в процессе импульсного перемагничивания ферромагнитных материалов, является одной из основных задач ферромагнетизма, имеющей большое научное и прикладное значение. Особое место в решении этой задачи отводится тонким магнитным пленкам. Целью настоящей работы является изучение скорости движения 180-градусных динамических доменных стенок, возникающих при перемагничивании одноосных пермалловых пленок. До настоящего времени подобные исследования в литературе не обсуждались. Имеющиеся же в литературе обширные сведения (см., например, [1 – 7]) о подвижности 180-градусных доменных стенок были получены с помощью следующей методики: тем или иным способом пленка приводилась в многодоменное состояние и измерялось смещение стенок под действием серии импульсов известной длительности. В этих опытах структура стенки, по крайней мере, в исходном и конечном состояниях является равновесной и поэтому возникает вопрос о применимости полученных результатов к описанию неравновесных процессов импульсного перемагничивания.

Для наблюдения динамических доменов нами использовалась стробоскопическая магнитооптическая установка с временной разрешающей способностью 15 нсек [8]. Перемагничивание пленок осуществлялось импульсами длительностью до 60 мсек с длительностью фронт-

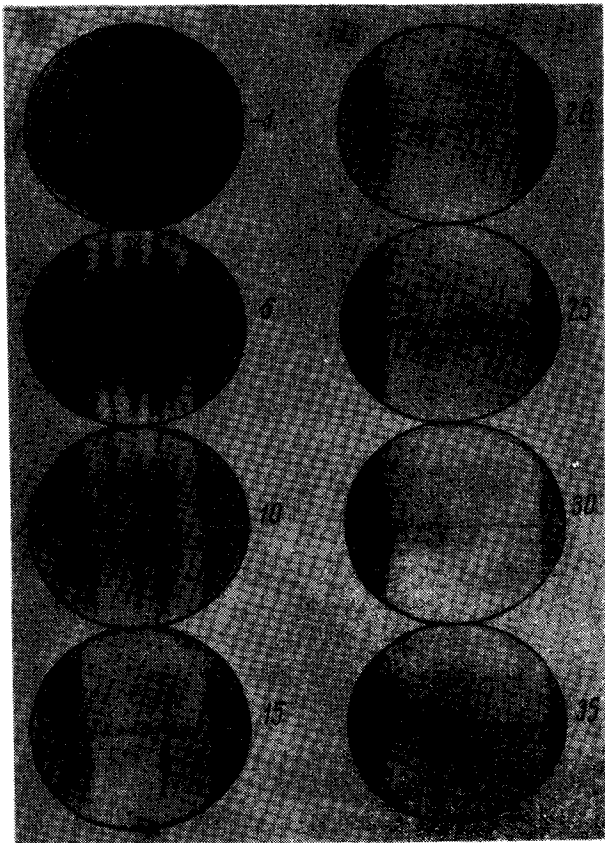


Рис.1. Динамические домены, образующиеся в процессе импульсного перемагничивания пленки. Легкая ось пленки вертикальна. Горизонтальные линии — считывающий виток и его отражение в пленке. Цифрами указан момент стробирования относительно начала перемагничивающего импульса (в $\mu\text{сек}$). Параметры пленки указаны в подписи к рис.2. $H_{\text{п}} = 1,3 \text{ э}$

та $7 \mu\text{сек}$ и неравномерностью вершины $1 \pm 2\%$, повторяющимися с частотой $0,5 \text{ кГц}$. В зависимости от напряженности перемагничивающего поля $H_{\text{п}}$ интересующие нас 180 -градусные стенки образуются через $10 + 40 \mu\text{сек}$ после подачи импульса. Измерение скорости движения этих стенок производилось наблюдением их мгновенного положения в течение $20 + 30 \mu\text{сек}$ после образования. Процесс формирования и движения динамических стенок иллюстрируется на рис. 1. Для измерений выбирался наиболее прямолинейный участок стенки. Для доменов, изображенных на рис. 1, стенка с подходящим профилем образовалась через $10 + 15 \mu\text{сек}$ после подачи перемагничивающего импульса в правой нижней четверти пленки. Получаемые результаты сравнивались с результатами измерения скорости движения стенок с помощью обычной методики, применявшейся другими авторами. Равновесные стенки получались при воздействии на образец одиночного импульса длительностью $20 + 30 \mu\text{сек}$. Движение стенок вызывалось много-

кратным наложением импульсов длительностью $0,1 \pm 1$ мксек. При использовании указанных двух методик обращалось особое внимание на то, чтобы исследуемые стенки проходили одни и те же участки пленки. Использование одного и того же перемещающего устройства позволило при сравнении результатов устранить влияние ошибок, обусловленных неточностью ориентации образца и измерения магнитного поля.

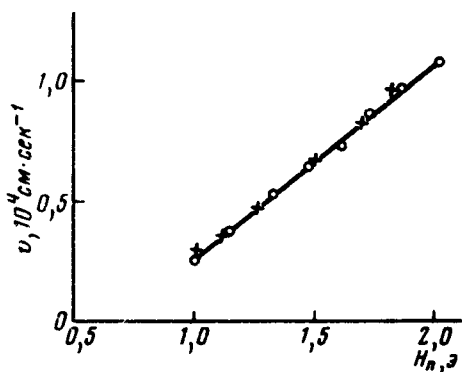


Рис.2. Зависимости скорости движения v доменных стенок от напряженности перемещающего поля $H_{\text{П}}$, полученные с помощью стробоскопической (\times) и обычной (\bullet) методик. Параметры пленки: толщина - 2500 Å, коэрцитивная сила - 0,9 э, эффективное поле анизотропии - 2,4 э

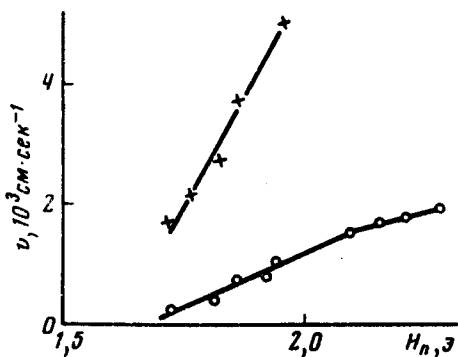


Рис.3. Зависимости скорости движения v доменных стенок от напряженности перемещающего поля $H_{\text{П}}$, полученные с помощью стробоскопической (\times) и обычной (\bullet) методик. Параметры пленки: толщина - 720 Å, коэрцитивная сила - 1,8 э, эффективное поле анизотропии - 2,8 э

Нами изучено движение доменных стенок в 15 пленках, полученных термическим осаждением пермаллоя состава 79%Ni, 4%Mo, 17%Fe и 83%Ni, 17%Fe. В указанных пленках обеспечивались условия наиболее благоприятные для изучения подвижности стенок: стенки были достаточно прямыми, образовывались далеко от края пленки, не изменяли существенно своего профиля при движении [9] и т. д. Согласно полученным результатам, пленки можно разделить на две группы. В первую входят пленки с толщиной $d < 500 \pm 600 \text{ Å}$ и $d > 1000 \pm 1200 \text{ Å}$. В таких пленках в исследованном нами интервале полей скорости движения стенок, измеренные с помощью указанных методов, в пределах ошибки эксперимента совпадают (см. рис. 2). Это свидетельствует о том, что как в достаточно толстых, так и в очень тонких пленках структуры динамических и равновесных стенок не отличаются существенно, по крайней мере, с точки зрения величины потерь, вызывающих их торможение.

В пленках же, толщина которых лежит в интервале $600 \text{ Å} < d < 1200 \text{ Å}$, скорость движения динамических стенок от 1,5 до 5 раз превышает скорость стенок, измеренную с помощью обычной методики (см. рис. 3).

Как известно [2, 3], указанному интервалу толщин соответствует минимум подвижности стенок, измеренной с помощью этой методики. Появление этого минимума связывают со структурой равновесных пленок [4 - 7]: в указанном интервале толщин образуются стенки с поперечными связями, причем плотность поперечных перетяжек максимальна в районе минимума. Таким образом, появление перетяжек приводит к дополнительному торможению доменных стенок. Расхождение результатов, полученных с помощью сравниваемых методов, свидетельствует о том, что структура неравновесных динамических доменных стенок в пленках толщиной $600\text{Å} < d < 1200\text{Å}$ существенно отличается от структуры равновесных стенок. Возможно, что плотность перетяжек на динамических стенках много меньше, чем на равновесных, либо в процессе импульсного перемагничивания этих перетяжек не образуется вовсе.

Авторы признательны А.Г.Шишкову за обсуждение результатов.

Московский
государственный университет
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
29 ноября 1974 г.

После переработки
27 декабря 1974 г.

Литература

- [1] N.L.Ford. J.Appl. Phys., 31, 3005, 1960.
- [2] Е.Н.Ильичева, И.С.Колотов. Изв. АН СССР, сер. физ., 29, 552, 1965.
- [3] С.Е.Patton, F.В.Humphrey. J.Appl. Phys., 37, 4269, 1966.
- [4] S.Muddelhoeck. IBM J. Res. and Develop., 10, 351, 1966.
- [5] R.H. Telesnin, E.N.Ilycheva, N.G.Kanavina, N.B.Stepanova, A.G.Shishkov. IEEE Transactions on Magnetics, MAG-5, 232, 1969.
- [6] A.G.Shishkov, Czechosl. J. Phys., B21, 368, 1971.
- [7] Н.Б.Широкова, Е.Н.Ильичева, А.С.Сигов, А.Г.Шишков. Изв. АН СССР, сер. физ., 36, 1158, 1972.
- [8] О.С.Колотов, М.И.Лобачев, В.А.Погожев. ПТЭ, №1, 218, 1973.
- [9] M.H.Kryder, F.В.Humphrey. The Fifth International Colloquium on Magnetic Films. Digests, F. 4 - 1, Japan, April, 1972.