

Т. Н. НИКИТИНА

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКИХ ПЕРМАЛЛОВЫХ ПЛЕНОК В СЛАБЫХ ПЕРЕМАГНИЧИВАЮЩИХ ПОЛЯХ

Приводятся результаты измерений времени перемагничивания и амплитуды сигнала при перемагничивании пленок в полях, меньших коэрцитивной силы, и в полях, близких к коэрцитивной силе. Обнаружено, что в полях, меньших коэрцитивной силы, изменение намагниченности пленки происходит за очень короткие промежутки времени и дает малую амплитуду сигнала на выходе.

В настоящей работе производилось исследование процессов перемагничивания плоских ферромагнитных пленок в направлении оси легкого намагничивания в полях, меньших коэрцитивной силы пленок, и в полях, близких по величине коэрцитивной силе. Пленочные образцы диаметром 8 мм получены методом испарения в вакууме пермаллоя 79 НМ или 78% Ni 28% Fe на нагретую оптически полированную хорошо очищенную стеклянную подложку. Подложки находились в постоянном магнитном поле величиной 100 эрст, направленном в плоскости подложки. Время перемагничивания определялось по ширине вторичного импульса, измеренной на уровне 0,1 от его амплитуды. Импульсный генератор обеспечивал следующие параметры перемагничивающего импульса: фронт нарастания 3 нсек, длительность 500 нсек, максимальная величина тока 10 А [1]. Пленочный образец на стеклянной подложке помещался в специальную короткозамкнутую линию, которая состоит из двух одинаковых пластин длиной 5 см и шириной 2,5 см, расстояние между пластинами 4 мм. Пленка помещалась в петле витка съема, в которой наводилась э. д. с. при изменении продольной составляющей магнитного потока пленки [2]. Сигнал, считываемый с пленки, усиливался системой усилителей [3], позволяющей разрешать времена перемагничивания порядка 6 нсек. Сигнал просматривался на экране скоростного осциллографа [4]. Для возвращения пленки в исходное состояние применялся генератор возврата, импульсы с которого длительностью в 1 мксек поступали на пару катушек Гельмгольца, на оси которых и помещалась пленка. Катушки возврата создавали поле в 14 эрст. В дальнейшем мы будем называть необратимыми те процессы изменения намагниченности пленки, сигналы которых появляются лишь при включенном поле возврата. Если поле возврата выключить, то остаются сигналы обратимых процессов.

Если подать на пленку небольшое перемагничивающее поле, порядка $0,2 \div 0,3$ эрст, то наблюдаются только сигналы обратимых процессов, снимаемые с пленки. При этом изменение магнитного потока в пленке происходит за короткое время $\sim 10-12$ нсек, сигнал, считываемый с пленки, мал — порядка 1 мв и меньше для разных пленок. Такая небольшая величина сигнала объясняется тем, что за полем поворачиваются векторы намагничивания небольшого объема пленки, мал также

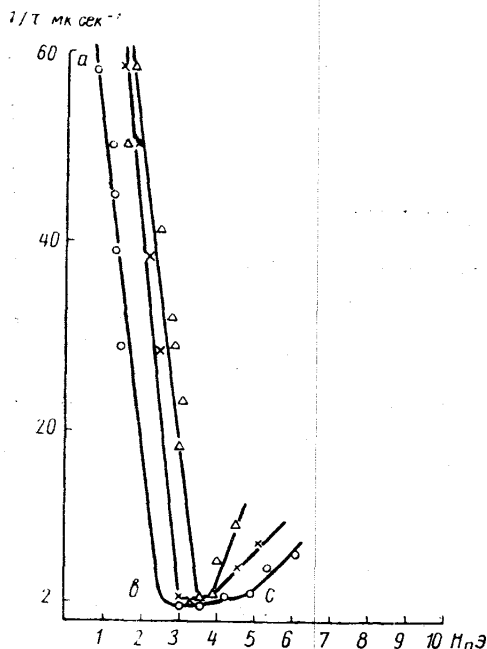


Рис. 1. Графики зависимостей $1/\tau = f(H_n)$ при $H_{\perp} = 0$ для пленок № 30, 45 и 51 (пермаллой 79 НМ), имеющих параметры: № 30 $H_c = 3,3$ эрст, $H_k = 5$ эрст, d (толщина) $= 400 \text{ \AA}$; № 45 $H_c = 2,6$ эрст, $H_k = 4,7$ эрст, $d = 1000 \text{ \AA}$; № 51 $H_c = 1,5$ эрст, $H_k = 5$ эрст, $d = 2600 \text{ \AA}$. Точки обозначены значками Δ для пленки № 30, \times — для № 45, \circ — для № 51

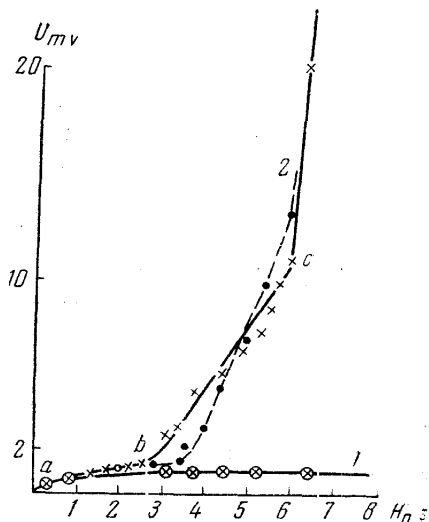


Рис. 2. Графики зависимости: 1 — $U = f(H_n)$ для сигнала обратимого процесса с пленки № 51 (точки обозначены \times , $H_{\perp} = 0$; 2 — $U = f(H_n)$ при $H_{\perp} = 0$ для пленки № 30 и 51. Точки обозначены для пленки № 30 — значками \bullet , для № 51 — значками \times

и угол, на который поворачивается вектор намагничивания. Обратимые процессы имеют место и в больших перемагничивающих полях. Но было найдено, что амплитуда сигнала, обусловленная этим процессом, и скорость изменения магнитного потока не меняются с ростом перемагничивающего поля H_n (см. прямую 1 рис. 2).

При увеличении перемагничивающего поля H_n до величин порядка $0,3 \div 0,4$ эрст начинают появляться необратимые процессы. Амплитуда и длительность сигнала увеличиваются с ростом поля до величины коэрцитивной силы пленки. С ростом поля H_n амплитуда растет медленно, тогда как длительность сигнала τ увеличивается резко (прямая ab на рис. 1, где представлены зависимости $1/\tau = f(H_n)$ для нескольких пленок, и прямая ab на рис. 2, где представлена зависимость $U = f(H_n)$, а U — величина сигнала в милливольтсах). Процесс перемагничивания этих же пленок был исследован с помощью магнитооптического эффекта Керра. Было найдено, что если пленочный образец довести до состояния насыщения большим условно отрицательным полем H , направленным вдоль оси легкого намагничивания, то у краев

образца остаются зародыши старой фазы в виде клиньев и по мере роста приложенного затем положительного поля H от нуля до величин коэрцитивной силы пленки наблюдается медленное увеличение клиньев по величине и небольшой рост числа клиньев у края образца.

Обратимое смещение границ с помощью магнитооптического эффекта Керра пока обнаружено не было, возможно ввиду малости этого эффекта. Медленное возрастание клиньев по величине и по числу происходит в области тех же величин перемагничивающего поля H , что и наблюдаемые необратимые сигналы с небольшой амплитудой и малым временем в импульсных измерениях. Это говорит о том, что в области слабых полей изменение магнитного потока пленок происходит за счет небольших смещений границ зародышей новой фазы. С ростом поля смещение границ увеличивается, а также растет число зародышей новой фазы, что и дает небольшое увеличение амплитуды сигнала. Смещение границ необратимо и чем на большее расстояние смещаются границы, тем большее время требуется на это смещение, что и вызывает рост длительности сигнала перемагничивания.

На рис. 1 видно, что ход $1/\tau$ в области полей, меньших коэрцитивной силы H_c , не зависит от толщины пленок. Это также находится в согласии с тем, что в этой области полей изменение магнитного потока пленок происходит только за счет небольших смещений границ зародышей новой фазы, а весь объем пленки не участвует в изменении магнитного потока.

С помощью магнитооптического эффекта Керра было показано, что при приближении величины поля H к коэрцитивной силе пленки, клинья начинают бурно расти, начинаются скачки Баркгаузена, а затем и движение стенок образовавшихся доменов, пока новая фаза не покроет всю поверхность образца. Эти наблюдения с помощью эффекта Керра также находятся в хорошем соответствии с тем фактом, что, когда приложенное поле H_n становится равным $\approx H_c$, наблюдается резкий переход к сигналам с очень большой длительностью (порядка 400—500 нсек) и значительно возросшей амплитудой, т. е. на кривой $1/\tau = f(H_n)$ (на рис. 1, в точке b), где $H_n \approx H_c$, происходит резкий излом, на кривой $U = f(H_n)$ (на рис. 2, в области $H_n \approx H_c$) также имеется резкий излом и амплитуда начинает очень быстро расти с ростом поля H_n . Это говорит о том, что при величине поля H_n , близком по величине H_c , большая часть пленки начинает участвовать в перемагничивании, что дает резкое увеличение амплитуды сигнала, а так как процесс перемагничивания определяется смещением доменных границ, время перемагничивания имеет большую величину—400—500 нсек. В полях перемагничивания H_n , немного превышающих H_c (участок bc на кривых $1/\tau = f(H_n)$ на рис. 1 и $U = f(H_n)$ на рис. 2), время перемагничивания меняется очень мало с ростом поля. Амплитуда на этом участке возрастает в значительной степени, так как с ростом поля H_n растет объем пленки, участвующий в перемагничивании. Можно сказать, что точка b —это точка, с которой начинается собственно перемагничивание пленки, тогда как до этой точки в меньших полях было лишь некоторое изменение направления намагниченности в небольших частях пленки—в районе зародышей новой фазы.

Как показали наши совместные с О. С. Колотовым измерения, кривая $1/\tau = f(H_n)$ претерпевает второй излом в точке c , так как в полях, в области поля анизотропии скорость перемагничивания начинает резко возрастать с ростом поля. Необходимо заметить, что участок bc зависимости $1/\tau = f(H_n)$ тем больше, чем толще пленки, т. е. более толстые пленки, во-первых, начинают перемагничиваться в меньших полях,

и, во-вторых, в больших полях происходит переход к процессам вращения. Это ясно видно при сравнении зависимостей $1/\tau=f(H_n)$ для пленок № 30 толщиной 400 Å и № 51 толщиной 2600 Å.

В заключение сделаем следующие выводы.

1. В полях, меньших коэрцитивной силы, обнаружено изменение намагниченности пленки, происходящее за очень короткие промежутки времени. Амплитуда сигнала, вызванная этими процессами, мала. Изменение намагниченности происходит за счет небольших смещений в области зародышей новой фазы и не зависит от толщины пленки.

2. Область, где пленка перемагничивается смещением доменных границ, зависит от толщины пленки. Чем толще пленка, тем в меньших перемагничивающих полях H_n наступает перемагничивание и тем в больших полях H_n наступает переход к процессам вращения.

3. Обратимые процессы изменения намагниченности наблюдались во всех перемагничивающих полях. Амплитуда и длительность сигнала обратимых процессов не меняются с ростом перемагничивающего поля.

Наблюдение процесса перемагничивания пленок с помощью магнито-оптического эффекта Керра было проведено по моей просьбе Е. Н. Ильичевой, за что и выражаю ей глубокую благодарность.

Считаю своим приятным долгом выразить также благодарность профессору Р. В. Телеснину за повседневное руководство работой и ценные критические замечания и советы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колотов О. С., Лобанов Ю. Н., Шильберский З. «Приборы и техника эксперимента», № 3, 87, 1961.
2. Телеснин Р. В., Никитина Т. Н., Колотов О. С. «Радиотехника и электроника», № 7 (в печати).
3. Колотов О. С., Никитина Т. Н. «Изв. АН СССР», серия физическая, XXV, № 5, 625, 1961.
4. Колотов О. С., Санин А. А., Шильберский З. «Приборы и техника эксперимента», № 5, 81, 1961.

Поступила в редакцию
14. 4 1962 г.

Кафедра
общей физики