

Вестник МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 5 — 1964

Р. В. ТЕЛЕСНИН, Т. Н. НИКИТИНА

О ВЛИЯНИИ ТОЛЩИНЫ ТОНКИХ ПЕРМАЛЛОВЫХ ПЛЕНОК НА ИХ ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Исследовалась зависимость коэффициента переключения S_w от толщины пленок как для случая когерентного, так и некогерентного вращения. Кривая зависимости коэффициента переключения от толщины имеет область, где S_w не зависит от толщины, и область, где S_w с уменьшением толщины уменьшается в 5—6 раз.

Известно, что толщина является одним из факторов, влияющих на динамические свойства пленок [1]. Однако в какой степени влияет толщина, каков ход зависимости времени перемагничивания от толщины, исследовано еще недостаточно полно. В данной работе проводится более подробное исследование зависимости времени перемагничивания τ и коэффициента переключения S_w от толщины пленок. В процессе измерений было обнаружено, что величина коэффициента переключения (S_w) зависит не только от толщины пленок, но и от дисперсии анизотропии. Чтобы выявить зависимость S_w от толщины, необходимо было подбирать пленки с одинаковой дисперсией анизотропии.

Пленки были изготовлены методом термического испарения пермаллоя 79 НМА в вакууме 10^{-5} мм рт. ст. на стеклянные оптически отполированные подложки, нагретые до 240°C . Напыление велось во внешнем магнитном поле величиной 100 эрст. Толщина пленок измерялась интерференционным методом на универсальном монохроматоре УМ-2. Динамические свойства пленочных образцов были исследованы на импульсной установке, отдельные узлы которой описаны в работах [2—6].

Пленка помещалась в перемагничивающую линию так, чтобы импульсное перемагничивающее поле H_n было направлено точно вдоль среднего направления легкого намагничивания в пленке. Критерием того, что указанное положение пленки в перемагничивающей линии действительно найдено, служили форма и длительность импульса перемагничивания, снимаемого с пленки. Для анизотропной пленки импульс перемагничивания имеет наибольшую длительность и форма импульса наиболее пологая в том случае, когда направление поля H_n совпадает со средним направлением легкого намагничивания. После того как пленка была установлена указанным выше способом, снималась зависимость времени перемагничивания τ от величины поля H_n при наложе-

нии поля H_{\perp} и без него. H_{\perp} — это постоянное магнитное поле, направленное вдоль оси трудного намагничения, величина его была выбрана 0,18 эрст.

Дисперсия анизотропии в пленках измерялась на этой же импульсной установке по методу, описанному в работах [7, 8]. Вдоль оси трудного намагничения пленки прикладывалось импульсное перемещающее поле H_n и на заднем фронте этого импульса поля исследовался переход магнитного момента пленки из направления трудного в направление легкого намагничения. Дисперсия анизотропии в каждой пленке оценивалась по величине поля H_{\perp} (в эрстедах), приложенного вдоль направления легкого намагничения. Значение поля H'_{\perp} (когда

поток, снимаемый с пленки, равен 0,7 от максимальной величины) мы принимали за меру дисперсии анизотропии и обозначили $\Delta_{0,7}$ эрст.

Для измерений были отобраны пленки в диапазоне толщин от 3000 до 100 Å, имеющие примерно равную дисперсию анизотропии. Из большого числа напыленных пленок мы составили следующие три группы: I группа имела $\Delta_{0,7} = 0,03 \div 0,05$ эрст, II группа имела $\Delta_{0,7} = 0,07 \div 0,08$ эрст и III группа имела $\Delta_{0,7} = 0,2 \div 0,3$ эрст. Пленки, входящие в группу, имеют одинаковую дисперсию анизотропии, но разные толщины (от 3000 до 100 Å).

Было замечено, что у тонких пленок (100—200 Å) область некогерентного вращения значительно меньше (~ от 2,5 до 3,5 эрст), чем у толстых (~ от 2,5 до 5,5 эрст), и переход к когерентному вращению происходит в значительно меньших полях.

На рис. 1 дана зависимость коэффициента переключения от толщины для всех трех групп пленок. Коэффициент переключения измерялся по котангенсу угла наклона кривой обратного времени переманичивания после излома, характеризующего переход от некогерентного вращения к когерентному для случая $H_{\perp} = 0,18$ эрст. Если $H_{\perp} = 0$, то этого излома нет, и S_w определяется по котангенсу угла наклона прямой $1/\tau = f(H_n)$, характерной для некогерентного вращения.

Из рис. 1 видно, что в случае некогерентного вращения ($H_{\perp} = 0$) коэффициент переключения S_w довольно резко увеличивается (от 0,05 до 0,3—0,37 мксек) на том участке, где толщина растет от 100 до 800—1000 Å. При дальнейшем увеличении толщины скорость переманичивания пленок не меняется. В случае когерентного вращения ($H_{\perp} = 0,18$ эрст) S_w растет при изменении толщины от 100 до 1400 Å для I и II групп и от 100 до 2000 Å для III группы пленок. При дальнейшем увеличении толщины скорость переманичивания не меняется.

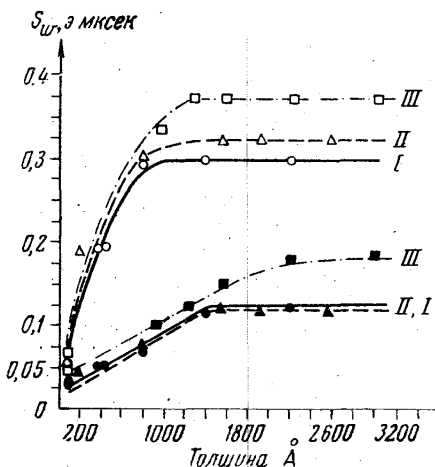


Рис. 1. Зависимость коэффициента переключения S_w от толщины для всех трех групп пленок.

- | | | |
|------------|-----------------------------|--------------------|
| I группа | ● — $H_{\perp} = 0,18$ эрст | } $\Delta_{0,7} =$ |
| | ○ — $H_{\perp} = 0$ | |
| | = 0,03 — 0,05 эрст; | |
| II группа | ▲ — $H_{\perp} = 0,18$ эрст | } $\Delta_{0,7} =$ |
| | △ — $H_{\perp} = 0$ | |
| | = 0,07 — 0,08 эрст; | |
| III группа | ■ — $H_{\perp} = 0,18$ эрст | } $\Delta_{0,7} =$ |
| | □ — $H_{\perp} = 0$ | |
| | = 0,2 — 0,3 эрст | |

Из рис. 1 видно, что в случае некогерентного вращения ($H_{\perp} = 0$) коэффициент переключения S_w довольно резко увеличивается (от 0,05 до 0,3—0,37 мксек) на том участке, где толщина растет от 100 до 800—1000 Å. При дальнейшем увеличении толщины скорость переманичивания пленок не меняется. В случае когерентного вращения ($H_{\perp} = 0,18$ эрст) S_w растет при изменении толщины от 100 до 1400 Å для I и II групп и от 100 до 2000 Å для III группы пленок. При дальнейшем увеличении толщины скорость переманичивания не меняется.

Из рис. 1 видно, что в случае некогерентного вращения ($H_{\perp} = 0$) коэффициент переключения S_w довольно резко увеличивается (от 0,05 до 0,3—0,37 мксек) на том участке, где толщина растет от 100 до 800—1000 Å. При дальнейшем увеличении толщины скорость переманичивания пленок не меняется. В случае когерентного вращения ($H_{\perp} = 0,18$ эрст) S_w растет при изменении толщины от 100 до 1400 Å для I и II групп и от 100 до 2000 Å для III группы пленок. При дальнейшем увеличении толщины скорость переманичивания не меняется.

На рис. 1 видна зависимость S_w и от дисперсии анизотропии в пленках. Особенно сильно сказывается дисперсия анизотропии при перемагничивании достаточно толстых пленок: от 1000 Å и выше. Чем больше дисперсия анизотропии, тем больше S_w и тем выше идет кривая как для когерентного, так и для некогерентного вращения. Однако для более тонких пленок (меньше 1000 Å) дисперсия анизотропии сказывается меньше.

Наложение поперечного поля $H_{\perp} = 0,18$ эрст незначительно увеличивает скорость перемагничивания в пленках толщиной 100—200 Å, тогда как у более толстых пленок S_w уменьшается примерно вдвое при наложении поля H_{\perp} .

По петлям гистерезиса, снятым на частоте 1000 гц для всех трех групп пленок, были измерены статические характеристики пленок H_k ,

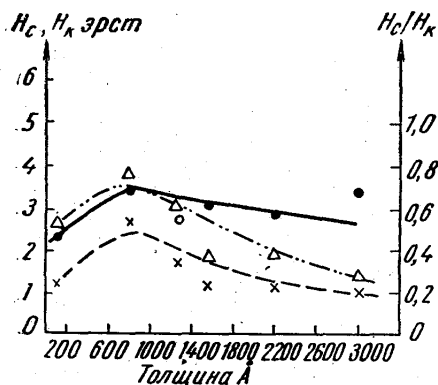


Рис. 2. Зависимость H_c , H_k и $\frac{H_c}{H_k}$ для пленок III группы ($\Delta_{0,7} = 0,2 \div 0,3$ эрст) ● — H_k ; × — H_c ; Δ — $\frac{H_c}{H_k}$

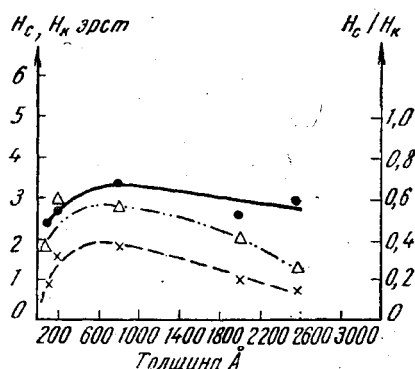


Рис. 3. Зависимость H_c , H_k и $\frac{H_c}{H_k}$ для пленок II группы ($\Delta_{0,7} = 0,07 \div 0,08$ эрст) ● — H_k ; × — H_c ; Δ — $\frac{H_c}{H_k}$

H_c и H_c/H_k . На рис. 2 и 3 представлены зависимости данных параметров от толщины для II и III групп пленок; для I группы эти зависимости получились аналогичными. Из рис. 2 и 3 видно, что H_c и H_c/H_k имеют небольшой максимум в области 800 Å. При уменьшении толщины от 800 до 100 Å H_k , H_c и H_c/H_k падают.

В заключение сделаем некоторые выводы.

Для выявления зависимости S_w от толщины пленок необходимо проводить измерения на пленках, имеющих одинаковую дисперсию анизотропии.

При изменении толщины от 100 до 800—1000 Å в случае некогерентного вращения и с ростом толщины от 100 до 1400—2000 Å при когерентном вращении имеет место довольно сильная зависимость S_w от толщины. При дальнейшем увеличении толщины в обоих случаях S_w с ростом толщины не меняется.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dietrich W., Proebster W., Wolf E. J. Res. development, 4, No. 2, 189, 1960.
2. Телеснин Р. В., Колотов О. С., Никитина Т. Н. «Радиотехника и электроника», 7, № 7, 1233, 1962.

3. Колотов О. С., Санин А. А., Шильберский З. «Приборы и техника эксперимента», 5, 82, 1961.
4. Колотов О. С., Никитина Т. Н. «Изв. АН СССР», сер. физическая, 25, № 5, 625, 1961.
5. Колотов О. С., Лобанов Ю. Н., Шильберский З. «Приборы и техника эксперимента», 3, 87, 1961.
6. Никитина Т. Н. «Вестн. Моск. ун-та», сер. физики, астрономии, № 6, 59, 1962.
7. Smith D. O. J. Appl. Phys., 33, 1399, 1962.
8. Колотов О. С., Никитина Т. Н., Саланский Н. М. «Физика твердого тела», № 6, 1737, 1963.

Поступила в редакцию
6. 6 1963 г.

Кафедра
общей физики для физиков
