

Л. В. КИРЕНСКИЙ и В. А. БУРАВИХИН

О ПОЛЯРНОСТИ ГРАНИЦ ДОМЕНОВ В ТОНКИХ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПЛЕНКАХ

(Представлено академиком А. В. Шубниковым 9 VIII 1960)

Введение. За последние годы изучению тонких ферромагнитных пленок уделяется большое внимание (¹⁻¹⁰).

Результаты изучения границ доменов в тонких ферромагнитных слоях в рамках вопроса об их полярности можно свести к следующему:

1. В относительно толстых ферромагнитных пленках изменение вектора намагниченности в граничном слое такое же, как и в массивных кристаллитах. Для 180° -го соседства вектор намагниченности в граничном слое постепенно изменяется на 180° , оставаясь все время в плоскости границы. В дальнейшем, следуя установленной терминологии, будем называть границы **Блоха**.

В более тонких ферромагнитных пленках вектор намагниченности в 180° -ом граничном слое не лежит в плоскости этого слоя. Структура такой границы может быть самой разнообразной. Такой тип границ будем называть для краткости **границами Нелля**.

В некоторых случаях наблюдаются так называемые двойные границы или двойные границы. Такая граница представляет собой систему двух очень близко расположенных друг около друга границ. По обеим сторонам такой границы намагниченность направлена одинаково. При наложении поля против так направленной намагниченности граница явно выявляется, превращаясь в домен обратной намагниченности.

Экспериментальная часть. Полярность границ доменов изучалась на тонких ферромагнитных пленках, полученных термическим способом сплава 17% Fe, 80% Ni, 3% Mo в вакууме $2 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. на стеклянные подложки, нагретые до 350° . Для создания одноосной анизотропии во время получения пленок прикладывалось поле 100 эрст. Толщина полученных пленок определялась на универсальном монохроматическом УМ-2 методом линий равного хроматического порядка (¹¹). Изучение границ доменов проводилось методом порошковых фигур при помощи микроскопа МБМ-6 на предварительно размагниченных пленках.

На рис. 1 представлена доменная структура пленки толщиной 560 Å, характерными двойными граничными слоями. В отсутствие поля эти слои лежат как почти прямые очень толстые линии. При наложении поля, перпендикулярного к плоскости пленки, ясно обнаруживается, что границы действительно двойные, причем полярность их противоположная. Так, в поле 10 эрст. верхняя граница такого двойного слоя выявляется весьма резко и отчетливо, тогда как нижняя едва различима, в поле же $+10$ эрст., наоборот, едва различимой оказывается верхняя граница двойного слоя, тогда как нижняя вырисовывается резко и отчетливо. Очевидно, что границы в данном случае имеют противоположную полярность и представляют собою границы типа Блоха.

На рис. 2 представлена доменная структура пленки толщиной 1450 Å. В отсутствие поля доменная структура представляет собою почти плоско-

параллельные домены с хорошо выявленными тонкими границами. При наложении нормального к пленке магнитного поля 220 эрст. границы оказываются очень отчетливо выявленными через одну. При наложении прямо противоположно направленного поля той же напряженности наблюдается аналогичная картина с той лишь разницей, что слабо выраженные границы оказываются резко выявленными и наоборот. Таким образом, полярность границ чередуется, что не наблюдается на массивных ферромагнитных кристаллитах. Показанная на рис. 2 закономерность обнаружена на большом числе ферромагнитных пленок. Очевидно, во всех этих пленках граничные слои были типа Блоха.

На рис. 3 представлен иной случай. В пленке толщиной 480 Å в отсутствие поля доменная структура выявлена в виде не очень резких, почти параллельно друг другу идущих границ. При наложении нормального к плоскости пленки магнитного поля напряженностью 200 эрст. линии оказываются выявленными более отчетливо, причем все в одинаковой степени. При наложении прямо противоположного поля той же напряженности картина получается практически идентичной. Такой результат может получиться только в том случае, если граничный слой не является границей типа Блоха. Очевидно вектор намагниченности в таком граничном слое имеет относительно небольшую и в различных местах границы различную нормальную составляющую, которая может только усиливаться при наложении такого, сравнительно большого, нормального к поверхности пленки магнитного поля. Наблюдения такого рода границ также были проведены неоднократно.

Выводы. 1. В тонких ферромагнитных пленках сдвоенные границы представляют собою границы Блоха противоположной полярности. Этот вывод находится в согласии с теоретическими исследованиями Качера (9).

2. Границы Блоха в тонких ферромагнитных пленках имеют чередующуюся полярность. Весьма возможно, что этот факт имеет чисто историческую причину. В момент образования зародыща перемагничивания ограничивающие его границы вполне подобны двойным слоям и, следовательно, должны иметь противоположную полярность. По мере роста зародыща и превращения его в домен нет причин для переполяризации границ, уже получивших вполне определенную полярность. У вновь возникающего зародыща границы, возможно, образуются под некоторым влиянием уже существующих границ, что и предопределяет полярность новых границ.

3. Границы Нееля не имеют резко выраженной полярности и с наложением достаточно сильного магнитного поля, нормального к плоскости пленки, выявляются более отчетливо. Таким образом, наложением нормального к плоскости пленки магнитного поля можно сделать некоторые заключения о характере граничных слоев в ней.

Институт физики
Сибирского отделения Академии наук СССР

Поступило
8 VIII 1960

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ F. Bloch, *Zs. f. Phys.*, **74**, 295 (1932). ² L. Neel, *C. R.*, **241**, 533 (1955).
³ H. Williams, R. Sherwood, *J. Appl. Phys.*, **28**, 548 (1957). ⁴ E. E. Huber, D. O. Smith, I. B. Goodenough, *J. Appl. Phys.*, **29**, 294 (1958). ⁵ J. Kaszer, *J. Appl. Phys.*, **29**, 569 (1958). ⁶ H. Stephani, *Wissensch. Zs. der Friedrichschiller-Universität, Jena, Jahrgang*, **7**, 1957/1958, *Math.-Naturwiss. Reihe*, **H. 45** (1957/1958). ⁷ H. W. Fuller, H. Rubinstein, *J. Appl. Phys.*, **30**, 84 (1959).
⁸ R. M. Moon, *J. Appl. Phys.*, **30**, 82 (1959). ⁹ R. Y. Gomi, J. Odani, *J. Phys. Soc. Japan*, **15**, 535 (1960). ¹⁰ H. Rubinstein, H. W. Fuller, M. E. Hale, *J. Appl. Phys.*, **31**, 437 (1960). ¹¹ И. Н. Шклярский, *Оптика и спектроскопия*, **5**, 617 (1958).