

ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЯ

А. А. Трчунян, Я. М. Погосян, К. А. Егян, Т. А. Погосян

Установка для одновременного исследования ферромагнитных пленок магнитооптическим методом Керра и методом Акулова—Биттера

Описана установка для одновременного изучения тонких ферромагнитных пленок как магнитооптическим методом Керра, так и методом Акулова—Биттера. Установка собрана на базе металлографического микроскопа МИМ—8. Преимущество описанной установки заключается в том, что она дает возможность один и тот же участок пленки наблюдать обоими методами и, так как внешнее поле генерируется одними и теми же катушками Гельмгольца, то состояния, наблюдаемые обоими методами, полностью будут соответствовать друг другу.

Приводятся несколько снимков, полученных на этой установке, которые подтверждают преимущество описанной установки.

В в е д е н и е

В последнее время, в связи с развитием вычислительной техники, тонкие ферромагнитные пленки являются объектом всестороннего физического исследования, имеющего своей целью объективно выявить характер переключения как всей пленки в целом, так и отдельных ее областей (доменов).

В настоящее время исследования характера переключения пленок в основном проводят тремя методами: электронно-микроскопическим [1, 2, 3], с помощью магнитооптического эффекта Керра [4], большей частью меридианальным, и методом порошковых фигур (метод Акулова—Биттера) [5].

Естественно, что все перечисленные методы имеют свои преимущества и недостатки.

Электронно-микроскопический метод позволяет определять внутреннюю структуру самих доменов, тип, полярность и ширину границы, направление намагниченности в доменах. Метод имеет большую разрешаемость, однако, эксперимент длителен, и пленка требует особой подготовки к эксперименту (отделение от подложки и пр.). При больших толщинах (выше 1000 Å) метод вообще непригоден.

Меридиальный эффект Керра применяется, главным образом, для наблюдения процессов переключения, происходящих смещением границ, при этом можно наблюдать общий характер переключения всей пленки в целом, определить направление намагниченности в доменах. Этот метод не требует особой подготовки образца и безынерционен. Однако, ввиду малой разрешаемости, он не может быть применен для выявления деталей.

Метод Акулова—Биттера имеет большую разрешаемость, что дает возможность наблюдать процесс переключения в микрообластях, определить тип границы и т. д. Одним из основных недостатков является его инерционность.

Исходя из вышеизложенного, становится ясным, что для всестороннего исследования пленок следует применять все три метода, дополняющие друг друга. Однако, ввиду отсутствия специальных электронных микроскопов, в настоящее время исследование ферромагнитных пленок ведется, главным образом, магнитооптическим методом Керра и методом Акулова—Биттера.

В процессе исследования ферромагнитных пленок часто возникает необходимость объяснить доменную картину, полученную магнитооптическим методом, процессом, происходящим в микрообластях, который можно обнаружить только методом Акулова—Биттера. При этом возникают затруднения, вызванные тем, что образец с заданной структурой, обнаруженной эффектом Керра, нужно перенести на микроскоп или на микроскопе с помощью соответствующих полей воспроизвести нужную картину. Как в первом случае, так и во втором это осуществить довольно сложно, так как в первом случае при переносе образца на микроскоп имеется большая вероятность искажения структуры (особенно, если структура в пленке очень чувствительна к изменениям полей); во втором случае положение затрудняется тем, что переключение нужно произвести „вслепую“, т. е. невозможно точно установить направление осей пленки по отношению к катушке Гельмгольца.

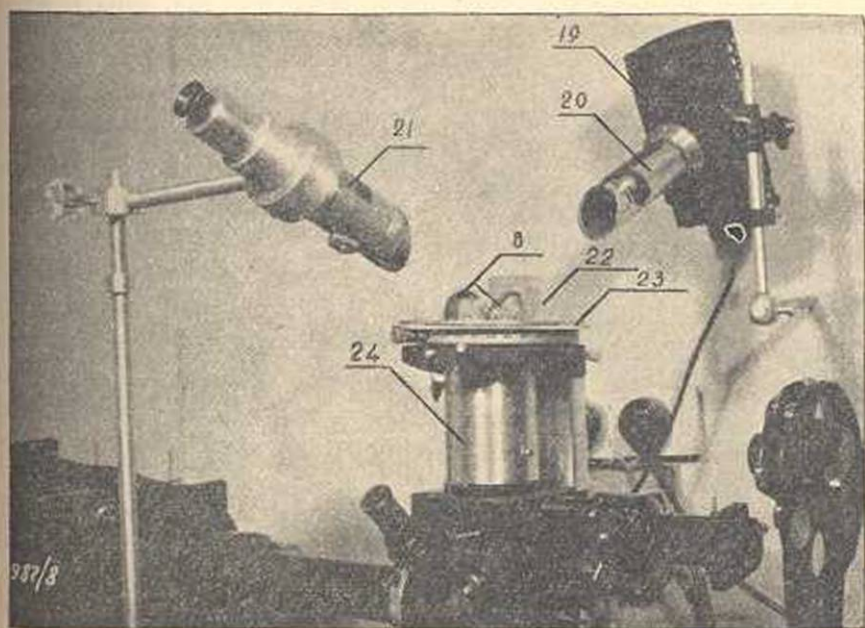
Сочетание этих двух методов, осуществленное на описанной настоящей работе установке, дало возможность избежать этих затруднений и проследить процесс переключения методом Акулова—Биттера во внешнем поле в одной определенной области.

Описание установки

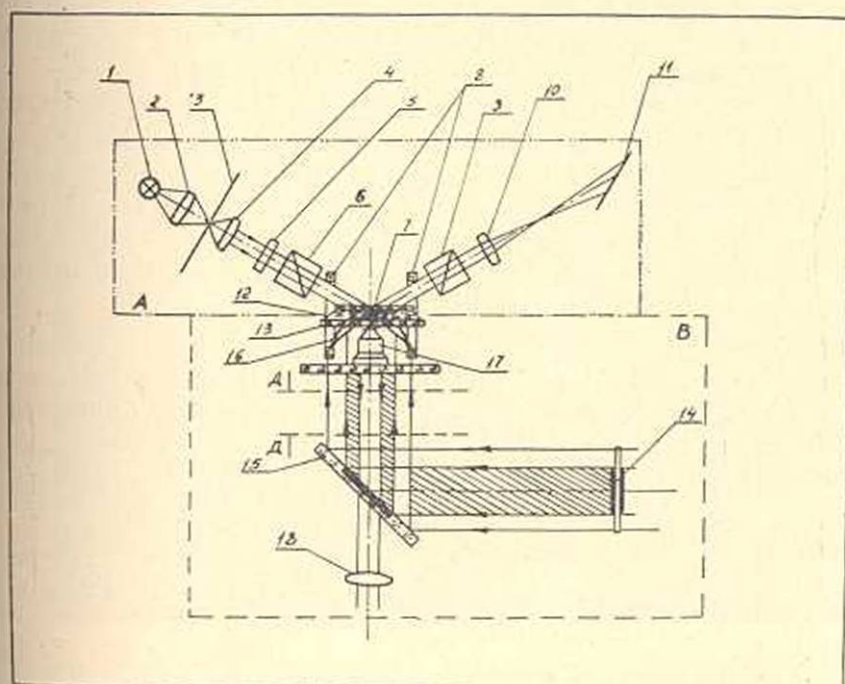
Установка собрана на базе металлографического микроскопа МИМ—8. Внешний вид установки приведен на фиг. 1, а оптическая схема—на фиг. 2.

Установка состоит из двух основных частей:

1. Устройство для магнитооптических наблюдений [см. фиг. 1 (8, 19, 20, 21) и фиг. 2 (А)].



Фиг. 1. Внешний вид установки.



Фиг. 2. Оптическая схема установки.

2. Металлографический микроскоп МИМ—8 [см. фиг. 1, фиг. (В)] с небольшими переделками для наблюдения картин Акулова—Биттера.

Магнитооптические наблюдения на установке осуществляются следующим образом: линейно-поляризованный монохроматический параллельный пучок света, для получения которого служат ртутная лампа высокого давления (1), конденсорная линза (2), диафрагма (3), коллиматор (4), светофильтр (5) и поляризатор (6), отражаясь под углом 60° от поверхности исследуемой пленки, проходит через анализатор (9), и с помощью объектива (10) изображение пленки фокусируется на поверхность (11). При соответствующей юстировке поляризатора и анализатора на этой поверхности можем наблюдать магнитную структуру пленки, т. е. доменную картину, а с помощью катушек Гельмгольца (8) наблюдать процесс переключения во внешнем поле.

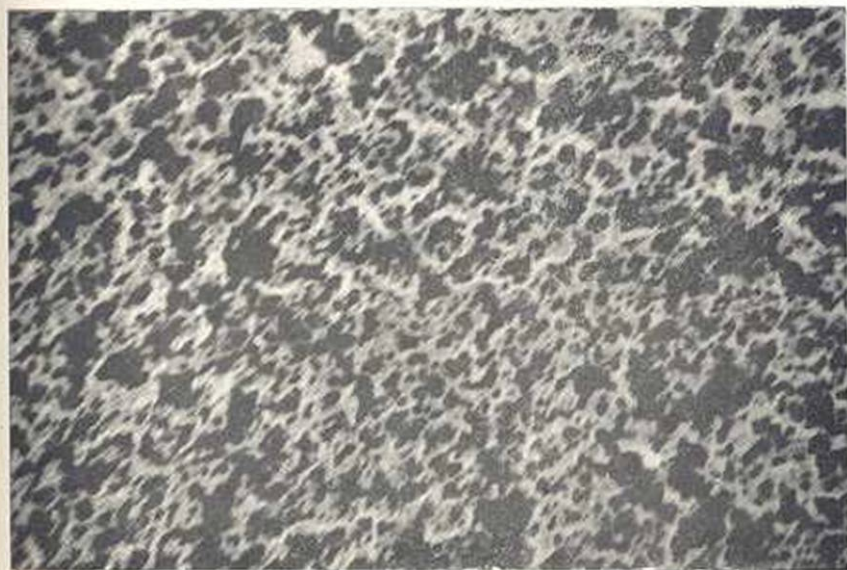
Выявление доменной структуры методом Акулова—Биттера в микроскопе МИМ—8 при темнопольном изображении происходит следующим образом: краевые пучки параллельных лучей, пройдя кольцевую диафрагму (14), падают на кольцевое зеркало (15). Кольцевое зеркало отражает лучи на вогнутый металлический конденсор (16), который собирает их в плоскости исследуемой пленки. Рассеянные лучи света, отраженные от объекта, проходят через объектив (17) сквозь отражательную пластинку (15), ахроматические линзы (18) попадают либо в визуальный тубус, либо в фотокамеру, образуя изображение определенных участков пленки.

Для одновременного наблюдения обоими методами на держателе образца (22), изготовленный из органического стекла и прикрепленный к столику микроскопа (23), помещается чистое покровное стекло (13), на которое наносится 2—3 капли специально приготовленной магнитной суспензии. На нее лицевой стороной вниз помещается исследуемая пленка (7), тем самым обеспечивая условия наблюдения на микроскопе картин Акулова—Биттера.

Общий характер процесса переключения наблюдается магнитооптическим методом с оборотной стороны пленки, при этом, хотя картина менее контрастна, но так как пленки используемых нами толщин (1000—2000 Å) однодоменны, то картина на оборотной стороне полностью совпадает с полученной на лицевой стороне, наблюдаемой методом Акулова—Биттера.

Разумеется, для получения фотографии более удовлетворительной контрастности пленку можно вначале исследовать с лицевой стороны и после этого проделать вышеннеложенное.

Во избежание всяких помех микроскоп МИМ—8 был несколько переделан. Все детали столика (23) из железа были заменены на такие же из немагнитного материала. Кроме того, с помощью системы переходников [(24) фиг. 1, (Д—Д) фиг. 2] пленка отдалена от корпуса микроскопа на 160 мм.



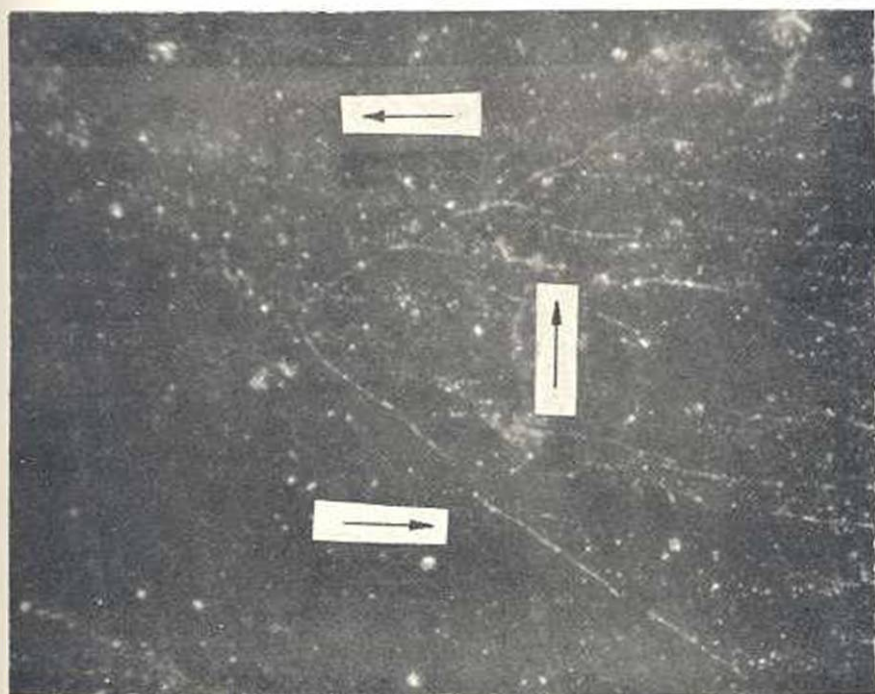
Фиг. 3. Электронно-микроскопический снимок используемой суспензии (40000 X).



Фиг. 5. Остаточное состояние при переключении пленки под углом 13° к трудной оси, легкая ось горизонтальна (200 X).



Фиг. 4а. Ферромагнитная пленка с тремя устойчивыми состояниями. Снимок получен магнитооптическим методом Керра. Направление намагниченности областей указано стрелками.



Фиг. 4б. Участок, обведенный кружком на Фиг. 4а, полученный методом Ахлулова—Биттера (360 X).

Исследуемая пленка помещается в центре катушек Гельмгольца*, из-за чего расширен внутренний диаметр столика микроскопа.

Магнитная суспензия, используемая для получения фигур Акулова—Биттера, готовилась по способу Элмора [6]. Для стабилизации полученного коллоидного раствора в мыльный раствор суспензии добавлялась соляная кислота, пока pH раствора не достигало значений 8—9. При таком pH система была устойчива в течение 10 дней. На фиг. 3 приводится электронно-микроскопический снимок используемой нами суспензии.

Ценность предложенной установки подтверждается следующими примерами.

Пример 1. В одноосно анизотропных пленках, обладающих прямоугольной петлей гистерезиса в трудном направлении, можно получить три устойчивых состояния с направлениями намагниченности 0° , 90° и 180° с легкой осью. Эти состояния пленки получают предварительным ее насыщением в трудном направлении полем, превышающим поле анизотропии, и последующим приложением небольших полей $0,2$ — $0,3$ э. в легком направлении в обоих полярностях поочередно. На фиг. 4а приводится снимок, полученный магнитооптическим методом, а на фиг. 4б—участок, обведенный кружком на фиг. 4а, полученный методом Акулова—Биттера.

Пример 2. Пленка насыщалась под углом 13° к трудной оси, в силу дисперсии [7], и в этом случае наблюдается разбиение пленки на домены (фиг. 5). Однако, это состояние настолько неустойчиво, что если приложить поле порядка $0,05$ э., полученная картина разрушается.

Поступила 21 VI 1963

Հ. Ս. ԹԱԶՆԵԱՆ, ՅԱ. Մ. ՊՈԴԿՈՅԱՆ, Կ. Ս. ՆՊԻԿԱՆ, Թ. Ս. ՊՈԴԿՈՅԱՆ

ՍԱՐՔԱՎՈՐՈՒՄ ԿԵՐՐԻ ՄԱԳՆԵՍԱՕՄՏԻԿԱԿԱՆ ԵՎ
ԱՊՈՒԼՈՎ—ԲԻՏՏԵՐԻ ՄԵԹՈԴՆԵՐՈՎ ՖԵՐՈՄԱԳՆԵՍԱԿԱՆ ԹՂԱՆԹՆԵՐԻ
ՄԱԺԱՄԱՆԱԿՅԱ ՇԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՀԱՍԱՐ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հաղվածում նկարագրվում է սարքավորում Կերրի մագնիսաօպտիկական և Ապոլով—Բիտտերի մեթոդներով ֆերոմագնիսական թաղանթների միաժամանակյա հետազոտման համար: Սարքավորումը հաղված է ՄԻՄ—8 միկրոկարի բազայի վրա:

Նկարագրվում սարքավորման առափնյա թվանշանն այն է, որ նա հնարավորություն է տալիս թաղանթի նույն հետազոտվող մասը դիտել երկու

* На установке смонтированы 3 пары катушек, из коих одна для компенсации поля земли, две остальные для создания 2-х взаимно-перпендикулярных полей в плоскости пленки.

մեթոդներով և քանի որ արտաքին մագնիսական դաշտը գնահատվում է
Հեմմոլդի նույն կոճերով, ուստի երկու մեթոդներով գլխավոր վիճակները
լիովին համապատասխան են մեկը մյուսին:

Բերված են մի քանի նկարահանումներ, որոնք վկայում են նկարագրված
սարքավորման առավելությունը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Fuller H. W., Hale M. E. Determination of Magnetization in Thin Films Using Electron Microscopy. J. Appl. Physics, **31**, 1961, 238.
2. Fuchs E. Die Ummagnetisierung anisotroper Nickeleisenschichten in der schweren Richtung. Z. angew. Phys., **13**, 1961, 157.
3. Fuchs E. Magnetische Strukturen in dünnen ferromagnetischen Schichten, untersucht mit dem Elektronenmikroskop. Z. angew. Phys., **14**, 1962, 203.
4. Fowler C. W., Fryer E. M. Magnetic Domains by the Longitudinal Kerr Effect. Phys. Rev., **94**, 1954, 52.
5. Bitter F. On Inhomogeneities in the Magnetization of Ferromagnetic Materials. Phys. Rev., **38**, 1931, 1903.
6. Акулов Н. С., Дехтяр М. В. О сложном строении ферромагнитных монокристаллов. Ann. d. Phys., **15**, 1932, 750.
7. Elmore W. C. The Ferromagnetic Colloids for Observation of the Ferromagnetic Structure. Phys. Rev., **54**, 1938, 309.
8. Middelhoeck S. Der Einfluß von lokalen Anisotropieschwankungen auf der magnetische Verhalten von dünnen Ni-Fe-Schichten. Z. angew. Phys., **13**, 1961, 151.