

НОВЫЙ ТИП ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ В ПЛЕНКАХ С ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОЙ АНИЗОТРОПИЕЙ

Л. С. Палатник, Л. З. Лубяный, Л. И. Лукашенко

Пленки с перпендикулярной анизотропией [1, 2] могут быть использованы в запоминающих устройствах с оптической индикацией [3]. В связи с этим изучение их свойств, в частности доменной структуры, представляет интерес.

Наиболее распространенным способом приготовления пленок с перпендикулярной анизотропией является метод вакуумной конденсации [2]. Известно, что слои, осажденные при нормальном падении молекулярного пучка на подложку, обладают полосовой доменной структурой [1, 2]. При наклонном осаждении, кроме полосовой, наблюдались также «сильная» доменная структура [4] и кинжаловидные домены [5]. Последние возникают при перемагничивании слоя в плоскости падения молекулярного пучка. Следует ожидать, что при определенных условиях в наклонно осажденных пленках могут реализоваться и иные доменные структуры, например, сотовая [6] и т. п.

В настоящей работе изучалось влияние различных типов магнитной обработки на доменную структуру наклонно осажденных слоев. При обра-

ботке, описанной ниже, был обнаружен новый тип доменной структуры, представляющей собой систему наклоненных цилиндрических доменов (НЦД).

Объектом исследования явились пленки пермаллоя (83% Ni, 17% Fe), конденсированные под «скользящим» пучком на стеклянные подложки при температуре $T_{\text{к}} = 230 \div 420^\circ \text{C}$. Толщина h слоев в различных сериях образцов варьировалась от 0.6 до 8 мкм. Угол падения молекулярного пучка составлял 70° . Для устранения влияния макронапряжений на магнитные свойства пленки толщиной $h > 1$ мкм отделялись от подложки. Доменная структура наблюдалась методом порошковых фигур на микроскопе МБИ-6.

Образцы были поликристаллическими, с размером блоков-кристаллитов $\approx 1000 \text{ \AA}$. Перпендикулярная анизотропия обуславливалась столбчатыми зернами, длинные оси которых отклонены на угол 55° от нормали к пленке (т. е. смещены на $\approx 15^\circ$ от «скользящего» молекулярного пучка к нормали).

Домены нового типа образовывались при следующей магнитной

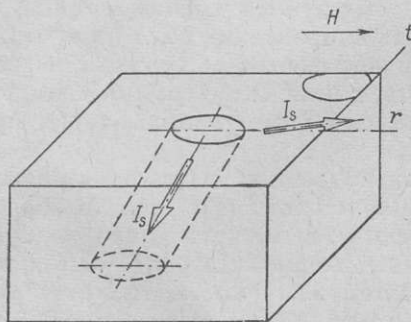


Рис. 1. Модель доменной структуры. r — направление проекции молекулярного пучка на плоскость пленки; t — направление, перпендикулярное r ; H — постоянное поле; I_s — намагниченность насыщения в цилиндрическом домене и в матрице.

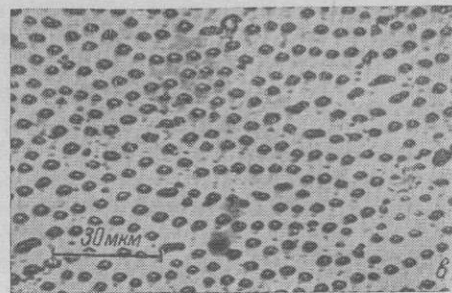
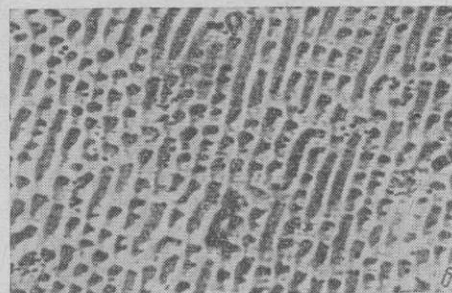
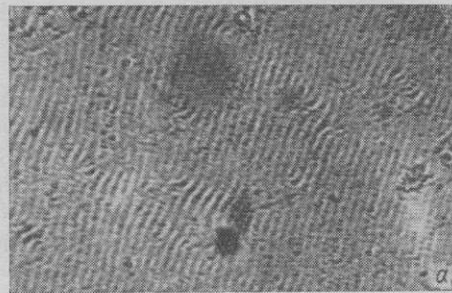


Рис. 2. Порошковые фигуры на поверхности наклонно осажденной пленки (в одном и том же месте).

a — после приложения переменного поля в направлении t ; b — приложено постоянное поле $H_0 = 40$ э в направлении r ; $в$ — постоянное поле увеличено до 43 э (на всех трех рисунках сохранены следы одних и тех же меток).

обработке. Включалось переменное поле $H_{\sim} = 300$ э (превышающее поле насыщения), перпендикулярное плоскости падения молекулярного пучка (направление t , рис. 1). Амплитуда поля затем постепенно уменьшалась от значения $H_{\sim} = 300$ э до нуля. В результате указанной магнитной обработки возникала полосовая доменная структура (рис. 2, a), затем прикладывалось постоянное поле H в направлении r , параллельном плоскости падения молекулярного пучка (рис. 1). С увеличением H наблюдается изменение картины порошковых осадков. При некотором значении $H = H_0$ начинается дробление полос на отдельные пятна (рис. 2, b). Имеется тенденция к расположению пятен в виде плотной (гексагональной) упаковки. Величина H_0 для представленного на рис. 2, b образца составляла ~ 40 э. В поле, превосходящем H_0 всего лишь на 2—3 э, образуется структура,

подобная изображенной на рис. 2, в напоминающая сотовую [6]. Расстояние между пятнами несколько превышает двойной период исходной полосовой доменной структуры.

На рис. 1 показана модель доменной структуры, предлагаемая для объяснения картины порошковых осадков на рис. 2, в. Матрица пленки (белое поле на рис. 2, в) намагничена почти до насыщения: магнитный момент J_s составляет небольшой угол с плоскостью слоя (и с направлением r). В матрице располагаются НЦД (темные пятна на рис. 2, в). Намагниченность в них ориентирована параллельно длинным осям зерен, так что проекция J_s на плоскость пленки антипараллельна полю H .

Возникновение представленной на рис. 1 доменной структуры можно объяснить следующим образом. После приложения переменного поля образуется система полосовых доменов, которая является исходной для последующей перестройки доменной структуры. Векторы намагниченности в них ориентированы вдоль осей зерен (легкая ось перпендикулярной анизотропии) и в соседних доменах антипараллельны друг другу. Постоянное магнитное поле прикладывается в направлении r . При этом легкая ось в одних доменах (домены типа I) составляет угол меньший $\pi/2$ с внешним полем, а в соседних (домены типа II) — угол больший $\pi/2$. Отклонение вектора намагниченности к направлению поля связано с увеличением энергии анизотропии, которое оказывается большим для доменов типа II. Вращение намагниченности к внешнему полю в указанных доменах затруднено, что обуславливает образование энергетически более выгодной структуры НЦД.

Отметим некоторые особенности поведения НЦД во внешнем поле. Диаметр НЦД обратимо изменяется с полем H , приложенным в направлении r : с ростом H домены сжимаются, при уменьшении поля они снова увеличиваются в диаметре. Если поле довести до насыщения (≈ 70 э) и затем уменьшать его, то вместо НЦД образуются кинжаловидные домены. Если, однако, после этого изменить направление поля на противоположное и увеличивать его, то вблизи насыщения образуются нерегулярно расположенные НЦД. Они возникают вследствие сжатия кинжаловидных доменов и также могут изменять свои размеры в некоторых пределах при колебаниях внешнего поля.

Таким образом, в пленках, конденсированных под «скользящим» молекулярным пучком, при определенной магнитной обработке образуется доменная структура в виде наклоненных цилиндров микронных размеров, расположенных в однородно намагниченной матрице. Указанная структура может реализоваться, по-видимому, не только в поликристаллических пленках пермаллоя, но и в других материалах, в частности в одноосных монокристаллических пластинах.

Л и т е р а т у р а

- [1] N. Saito, H. Fujiwara, Y. Sugita. J. Phys. Soc. Japan, 19, 1116, 1964.
- [2] Л. С. Палатник, Л. И. Лукашенко, А. Г. Равлик. ФТТ, 7, 2829, 1965.
- [3] Л. М. Ключкин, Б. М. Степанов, В. А. Фабриков, А. В. Хромов. Фотографирование на магнитные пленки. Атомиздат, М., 1971.
- [4] I. V. Puchalska. Acta Phys. Polonica, 39, 589, 1969.
- [5] Л. С. Палатник, Л. И. Лукашенко, Ю. В. Золотницкий. ФММ, 35, 78, 1973.
- [6] B. Wysłocki. Acta Phys. Polonica, 34, 327, 1968.

Харьковский политехнический институт
им. В. И. Ленина

Поступило в Редакцию
29 сентября 1972 г.