

УДК 537.621, 538.973

## ЭФФЕКТ МАГНИТНОГО ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ, НАБЛЮДАЕМЫЙ ПРИ КОЛЕБАНИИ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В МАГНИТОМЯГКИХ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНКАХ

В. Е. Зубов, А. Д. Кудаков, Т. С. Федулова, Е. Н. Шефтель, А. И. Крикунов

(кафедра магнетизма)

E-mail: kudakov@magn.phys.msu.su

**В магнитомягких гетерофазных пленках на основе железа с высокой индукцией насыщения магнитооптическим методом наблюдался эффект влияния динамических дефектов на коэрцитивность доменной границы, превосходящий влияние статических дефектов.**

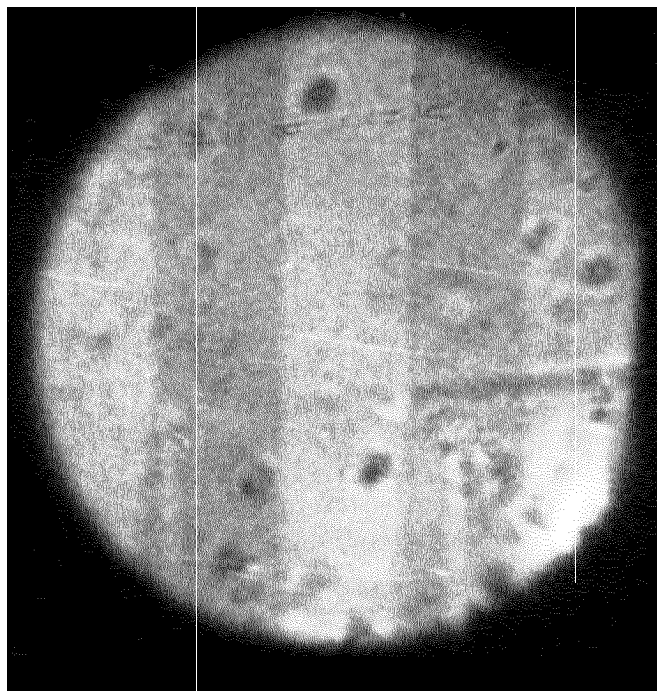
### Введение

Разработка и исследование магнитомягких пленочных материалов с высокой индукцией насыщения имеет большое практическое значение вследствие применения их в головках высокоплотной магнитной записи. В настоящей работе исследован тонкопленочный нанокристаллический ферромагнитный сплав системы Fe-Zr-N, полученный методом магнетронного распыления мишени состава Fe-Zr в газовой среде Ar + N<sub>2</sub>. Выбор системы легирования и состава исследуемого сплава осуществлялся на основе разработанного метода легирования магнитомягких сплавов [1]. Метод позволяет обеспечить сочетание высокой индукции насыщения, высокой магнитной проницаемости и высокой износостойкости за счет формирования гетерофазной структуры сплава с высоким содержанием железа, в магнитной матрице которой расположены дисперсные частицы наиболее термодинамически стабильных и твердых фаз внедрения — в данном случае нитридов циркония.

### Методика измерений и образцы

Предложенный метод легирования позволил получить нанокристаллические пленки Fe-Zr-N индукцией насыщения  $B_S = 1.8$  Тл и рекордно низкой коэрцитивной силой ( $H_c \approx 10$  А/м). Пленки на стеклянной подложке имеют толщину (0.5–3 мкм). Визуальное исследование образцов с помощью магнитооптического меридионального эффекта Керра показало, что их магнитная структура представляет собой несколько доменов, разделенных прямыми параллельными доменными границами (ДГ) (рис. 1).

Поведение ДГ в переменном магнитном поле изучалось с помощью магнитооптического микромагнетометра, описанного в работе [2]. Фиксировалась величина экваториального эффекта Керра, обусловленного изменением намагниченности освещенного участка образца при движении ДГ в переменном магнитном поле частотой 80 Гц. Микромагнетометр позволяет исследовать динамику ДГ в приповерхностном слое, в нашем случае толщина его составляла около 0.01 мкм.



1 мм

Рис. 1. Доменная структура образца. Фотография получена с использованием установки визуализации доменной структуры на базе магнитооптического эффекта Керра

### Результаты и обсуждение

В результате магнитных и магнитооптических исследований установлено, что перемагничивание полученных образцов осуществляется за счет смещения ДГ во внешнем магнитном поле и коэрцитивная сила сплава определяется коэрцитивной силой ДГ.

При изучении ДГ в переменном магнитном поле обнаружили характерные особенности ее поведения, состоящие в следующем. При увеличении поля ДГ начинает двигаться в поле величиной  $H_{c1}$ , а при уменьшении поля остановка ДГ происходит в поле  $H_{c2} < H_{c1}$ , причем отношение  $H_{c1}/H_{c2}$  для различных участков ДГ и для различных границ принимает значения от 1.3 до 2.7.

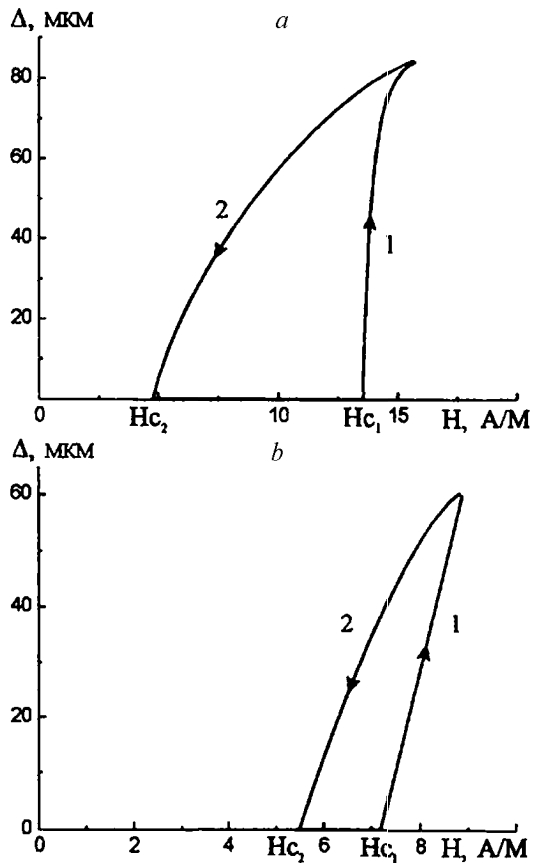


Рис. 2. Зависимости амплитуды колебаний доменной границы  $\Delta$  от амплитуды магнитного поля  $H$ . Рисунки *a* и *б* соответствуют различным доменным границам в одном образце. Кривые 1 получались в увеличивающемся магнитном поле, а кривые 2 — в уменьшающемся поле

На рис. 2 приведены зависимости амплитуды колебаний ДГ  $\Delta$  от амплитуды переменного магнитного поля  $H$  для двух различных ДГ в одном и том же образце. Кривые 1 на рисунках получены при возрастании амплитуды магнитного поля, кривые 2 — при ее уменьшении. Видно, что в обоих случаях ДГ начинает двигаться в тот момент, когда

поле достигнет величины  $H_{c1}$ , а при уменьшении поля останавливается в поле  $H_{c2}$ .

Наблюдающийся эффект относится к типу явлений, называемых магнитным последствием [3]. В результате диффузии происходит локальное упорядочение подвижных (динамических) дефектов в области покоящейся ДГ. При этом образуется локальная потенциальная яма и происходит дополнительная стабилизация положения ДГ. Для смещения стабилизированной ДГ нужно приложить поле  $H_{c1}$ . После начала колебаний ДГ динамические дефекты рассасываются, и остановка ДГ происходит при  $H = H_{c2} < H_{c1}$ .

Из рис. 2, *a* видно, что эффективное поле закрепления ДГ за счет динамических дефектов может в несколько раз превосходить поле закрепления, обусловленное статическими дефектами. Это указывает на то, что достигнутые магнитомягкие свойства полученных пленок настолько высоки, что их дальнейшее улучшение ограничивается тепловыми диффузионными процессами в сплаве. Настоящее исследование показало также, что в магнитомягком сплаве ДГ может использоваться как зонд для локального исследования магнитных свойств образцов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 02-02-16627, № 01-03-32510А, № 01-03-32946).

#### Литература

1. Григорович В.К., Шефтель Е.Н., Полюхова И.Р., Мкртумов А.С. // Изв. АН СССР. Металлы. 1986. № 4. С. 134.
2. Зубов В. Е., Кринчик Г. С., Кудakov А.Д. // Приб. и техн. эксперимента. 1988. 3. С. 206.
3. Hubert A., Schafer R. Magnetic domains: the analysis of magnetic microstructures. Berlin, 1998.

Поступила в редакцию  
04.12.02