

## ЗАРОЖДЕНИЕ ВБЛ ПРИ СПОНТАННОМ РАЗМАГНИЧИВАНИИ ФЕРРИТ-ГРАНАТОВЫХ ПЛЕНОК

Ф. Г. Барьяхтар, А. И. Линник, А. М. Прудников,  
П. К. Хиженков

Процессы, происходящие при перемагничивании феррит-гранатовых пленок, изучаются очень интенсивно. Однако структура доменных границ (ДГ) при этом исследована сравнительно слабо. В то же время состояние ДГ резко влияет на динамику процесса перемагничивания. Среди особенностей структуры ДГ огромный интерес представляют вертикальные блоховские линии (ВБЛ).

№ пленки	Состав	$h$ , мкм	$p_0$ , мкм	$4\pi M_s$ , Гс	$H_A$ , Э	$A \times 10^7$ , эрг/см
1	$(\text{BiTm})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$	5.2	11.9	128	1291	1.88
2	$(\text{EuLuBi})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$	20.0	34.0	277	5600	2.17

Примечание.  $h$  — толщина пленки,  $p_0$  — период полосовой доменной структуры,  $4\pi M_s$  — намагниченность насыщения,  $H_A$  — поле одноосной анизотропии,  $A$  — обменная константа.

В настоящей работе магнитооптическим методом исследовано влияние внешнего магнитного поля на зарождение ВБЛ в ДГ прямолинейных полосовых доменов. Они образуются при спонтанном размагничивании феррит-гранатовых пленок, намагниченных до насыщения полем смещения, которое создается двумя параллельными проводниками с током, наложенным на пленку.

При таком способе перемагничивания пространство между проводниками после окончания импульса тока намагничивания заполняется прямолинейными полосовыми доменами, распространяющимися перпендикулярно проводникам навстречу друг другу до полного размагничивания. Преимуществами этого метода перемагничивания является повторяемость образующейся доменной структуры во времени и пространстве, что увеличивает достоверность получаемых результатов. Кроме того, по удлинению полосовых доменов стробоскопическим способом легко измерить скорость движения доменной границы. Эксперименты проводили на неимплантированных одноосных эпитаксиальных феррит-гранатовых пленках, состав и параметры которых приведены в таблице.

Наличие ВБЛ в ДГ после размагничивания пленки определялось по разбросу полей коллапса ЦМД, образованных из этих полосовых доменов. При этом полосовые домены вначале «разрезались» импульсом поля смещения, направленного против намагниченности в домене [1], а затем стягивались в ЦМД с помощью постоянного поля смещения. Примененный способ «разрезания» полосовых доменов не сопровождается зарождением в их ДГ дополнительных ВБЛ. Об этом свидетельствует то обстоятельство, что, если перед «разрезанием» доменную структуру подвергнуть воздействию критического планарного магнитного поля, уничтожающего ВБЛ [2], образованные при «разрезании» ЦМД имеют минимальный разброс полей коллапса, характерный для «мягких» ЦМД.

Удлинение полосовых доменов при размагничивании пленки происходит в результате действия на их переднюю стенку больших продвигающих полей [3]. Наложение внешнего поля смещения эквивалентно уменьшению продвигающего поля, а в поле смещения порядка поля коллапса ЦМД это продвигающее поле становится равным нулю.

Исследование зависимости скорости движения доменных границ  $V$  в описанных выше условиях от поля смещения  $H_{см}$  для двух образцов (рис. 1) показало, что существует некоторое определенное для каждого образца поле смещения (или продвигающее поле), разделяющее кривые  $V(H_{см})$  на два линейных участка с различной крутизной. Это свидетельствует о двух различных режимах движения ДГ в различных интервалах продвигающих полей.

Приведенные на рис. 1 зависимости разброса полей коллапса ЦМД  $\Delta H$  от поля смещения показывают, что именно при этих критических полях смещения  $H_{см}^*$  (порядка 0.66 поля коллапса образца) происходит скачок кривой  $\Delta H(H_{см})$ . Этот скачок свидетельствует о том,

что если размагничивание происходит при  $H_{см} < H_{см}^{кр}$ , то доменная граница накапливает ВБЛ, а при  $H_{см} > H_{см}^{кр}$ , ВБЛ в ДГ не образуются.

Таким образом, можно утверждать, что при малых продвигающих полях ( $H_{см} > H_{см}^{кр}$ ) движение ДГ происходит без зарождения в ней ВБЛ. Это движение характеризуется сравнительно высокой подвижностью, его скорость пропорциональна продвигающему полю, что

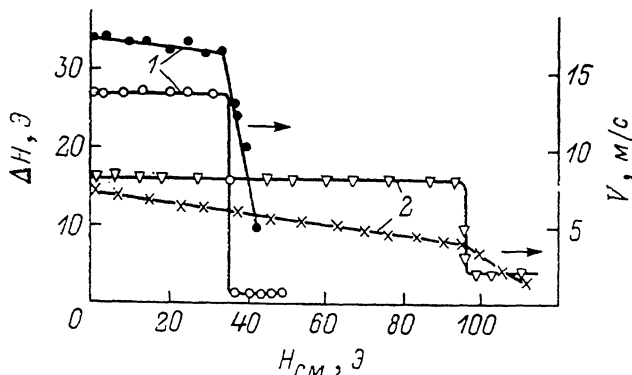


Рис. 1. Зависимость разброса полей коллапса  $\Delta H$  и скорости  $V$  ДГ от поля смещения  $H_{см}$ .  
1 —  $(\text{BiTm})_2(\text{FeGa})_2\text{O}_{12}$ , 2 —  $(\text{EuLuBi})_2(\text{FeGa})_2\text{O}_{12}$ .

согласуется с известными представлениями [4]. При увеличении продвигающего поля ( $H_{см} < H_{см}^{кр}$ ) ДГ полосового домена испытывает преобразование, сопровождающееся зарождением ВБЛ, которые не исчезают и после полного размагничивания пленки. Это движение ДГ характеризуется меньшей подвижностью, хотя по имеющимся представлениям в этом случае должно наблюдаться насыщение скорости [4]. Очевидно, что при наложении постоянного планарного поля процесс размагничивания изменится.

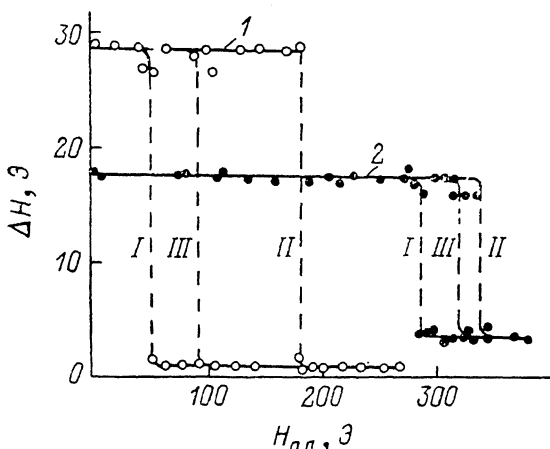


Рис. 2. Зависимость разброса полей коллапса  $\Delta H$  от планарного поля  $H_{пл}$ .  
1 —  $(\text{BiTm})_2(\text{FeGa})_2\text{O}_{12}$ , 2 —  $(\text{EuLuBi})_2(\text{FeGa})_2\text{O}_{12}$ ; I — поле параллельно  $V$ , II — антипараллельно  $V$ , III — перпендикулярно  $V$ .

На рис. 2 приведены зависимости разброса полей коллапса ЦМД, образованных упомянутым выше способом, от величины планарного поля для тех же двух образцов при нулевом  $H_{см}$ . Как видно, для каждого образца существует некоторое критическое планарное поле, выше которого спонтанное размагничивание пленки происходит без зарождения большого числа ВБЛ. При этом обращает на себя внимание то обстоятельство, что этот эффект зависит от направления планарного поля. Если оно направлено вдоль вектора  $V$  скорости ДГ, критическое поле минимально (рис. 2, кривые 1, I и 2, I). Для планарного поля, направленного против вектора  $V$ , образование ВБЛ при спонтанном размагничивании феррит-гранатовой пленки прекращается при большем значении планарного поля (рис. 2, кривые 1, II

и 2, 11). Для планарного поля, перпендикулярного вектору скорости ДГ, критическое планарное поле имеет промежуточное значение.

Таким образом, при спонтанном размагничивании исследованных феррит-гранатовых пленок в нулевом поле смещения доменные границы испытывают преобразование, сопровождающееся зарождением и накоплением ВБЛ, которые сохраняются после полного размагничивания пленки. Наложение внешнего поля, параллельного плоскости пленки, изменяет процесс размагничивания. Существует зависящее от направления критическое планарное поле, выше которого зарождение ВБЛ затруднено.

#### Литература

- [1] Nishida H., Kobayashi T., Sugita Y. // IEEE Trans. Magn. 1973. Vol. 9. P. 517—520.
- [2] Барьялтар Ф. Г., Линник А. И., Прудников А. М. и др. // Сб. научных трудов. М., 1986. С. 84—93.
- [3] Барьялтар Ф. Г., Карпий С. П. // XVII Всесоюз. конф. по физике магнитных явлений. Донецк, 1985. С. 57—58.
- [4] Малоземов А., Слонзуски Дж. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами. М.: Мир, 1982. 382 с.

Донецкий физико-технический институт АН УССР

Поступило в Редакцию  
5 апреля 1988 г.

11; 05

Журнал технической физики, т. 59, в. 6, 1989

### РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ФОСФОРА И СЕРЫ В АНОДНЫХ ОКИСНЫХ ПЛЕНКАХ НА НИОБИИ

Л. П. Бокий, Ю. П. Костиков

Анодные окисные слои на ниобии и тантале, используемые в качестве диэлектрика электролитических конденсаторов, могут быть образованы в различных по составу электролитах.

Экспериментально установлено [1-3], что вещество электролита внедряется в окисную пленку и его количественное содержание определяется условиями образования пленки, химическими свойствами и концентрацией электролита. Радиоактивные индикаторы  $P^{32}$  и  $S^{35}$ , вводимые в электролит (водные растворы кислот  $H_3PO_4$  и  $H_2SO_4$ ) до начала процесса формовки анодного окисла, распределяются в нем равномерно на глубину, составляющую 0.7 от общей толщины окисла.

Вполне допустимо предположение, что внедрившееся из электролита вещество может оказывать действие на механизм электронного переноса в анодных окислах. В этой связи особо важное значение представляет химическое состояние примеси в окислах.

В настоящей работе было проведено рентгеноспектральное определение химических форм, в которых существуют частицы вещества электролита, вошедшие в анодную окисную пленку на ниобии. Химические сдвиги рентгеновских эмиссионных линий (т. е. изменение энергии рентгеновской линии при переходе от одной химической формы изучаемого элемента к другой) несут информацию о ближайшем окружении излучающего атома, поэтому могут быть использованы для идентификации его химического состояния (валентность, координационный полиэдр).

Измерения химических сдвигов  $K_{\alpha}$  линий фосфора и серы проведены по методике [4] с использованием рентгеновского микронда САМЕСА MS-46. Химический сдвиг рентгеновских эмиссионных линий определяется только ближайшим окружением излучающего атома [5] и не зависит от состава второй координационной сферы. Поэтому идентификацию состояния атома в исследуемом объекте проводят путем сопоставления химического сдвига в изучаемом объекте с химическим сдвигом в соединении, в котором состояние изучаемого элемента хорошо установлено. В данном случае для определения состояния серы и фосфора в анодном окисле ниобия были выбраны вещества сравнения  $BaSO_4$  и  $Ba_3(PO_4)_2$ . Результаты измерений представлены в таблице.