

05.2;06.3;11;12

©1994

## ЭФФЕКТ “ПАМЯТИ” ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИИ ПЛЕНОК ФЕРРИТ-ГРАНАТОВ, НАЧИНАЮЩЕМСЯ ЗАРОДЫШЕОБРАЗОВАНИЕМ

*В.В.Рандошкин, М.В.Логунов*

Висмут-содержащие монокристаллические пленки феррит-граната (Вс-МПФГ) являются базовым функциональным материалом для магнитооптических управляемых транспаратов (МОУТ), которые при подаче управляющих импульсов тока позволяют формировать произвольные светоконтрастные изображения [1,2]. Для переключения намагниченности в заданной ячейке МОУТ (что эквивалентно открытию или закрытию светового клапана) в пару пересекающихся на углу этой ячейки шин подаются токовые импульсы. Для того, чтобы на пересечении двух токовых шин переключалась лишь одна ячейка, в одном из углов с помощью ионной имплантации создают пониженную магнитную анизотропию. Важно, чтобы все ячейки обладали четким одинаковым порогом переключения.

Настоящая работа посвящена изучению порога перемагничивания Вс-МПФГ, начинающегося формированием доменов с обратной намагниченностью (ДОН) на локальных центрах зародышеобразования (дефектах) с пониженным полем одноосной магнитной анизотропии. Вс-МПФГ выращивали методом жидкофазной эпитаксии из переохлажденного раствора-расплава на основе  $PbO-V_2O_3-Bi_2O_3$  на подложках гадолиний-галлиевого граната с ориентацией (111). Параметры некоторых исследованных образцов приведены в таблице, где  $h$  — толщина пленки,  $w$  — равновесная ширина полосовых доменов,  $H_0$  — поле коллапса цилиндрических магнитных доменов,  $4\pi M_s$  — намагниченность насыщения,  $A$  — константа обменного взаимодействия,  $H_k$  — поле одноосной магнитной анизотропии,  $\gamma$  — эффективное значение гиромангнитного отношения.

Исследование проводили с помощью метода высокоскоростной фотографии [3-7]. В исходном состоянии Вс-МПФГ намагничивали постоянным магнитным полем  $H_{см}$  вдоль нормали к плоскости пленки. Импульсное магнитное поле  $H_{и}$  прикладывали в противоположном направлении.

Для каждого центра зародышеобразования появление ДОН происходит после превышения импульсным полем не-

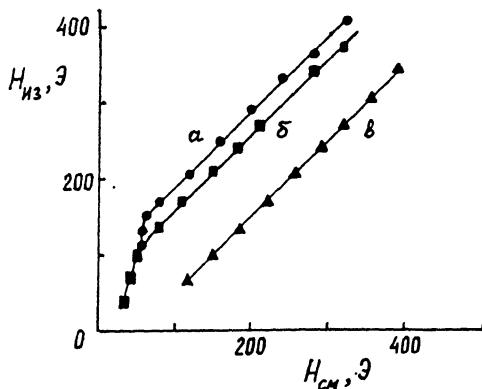


Рис. 1. Зависимости  $H_{из}(H_{см})$  для образца 1 (а), 2 (б) и 3 (в).

Параметры исследованных Вс-МПФГ состава  $(Bi,R)_3(Fe,Ga)_5O_{12}$

Образец	1	2	3
R	Y, Lu	Tm	Tm
$h$ , мкм	8.3	12	5.8
$w$ , мкм	3.8	17	9.1
$H_0$ , Э	197	52	41
$4\pi M_s$ , Гс	272	150	112
$A, 10^{-7}$ , эрг/см	2.4	2.1	2.2
$H_k$ , кЭ	0.88	2.8	2.4
$\gamma$ , $10^7$ Э $^{-1}$ с $^{-1}$	1.8	1.0	1.1

которого порогового значения  $H_{из}$  через  $10^{-8} - 10^{-6}$  с после приложения импульса поля  $[3,8,9]$ . Величина  $H_{из}$  зависит от состояния намагниченности в окрестности центра зародышеобразования, определяемом в основном значением  $H_{см}$  (рис. 1). Наклон зависимости  $H_{из}(H_{см})$ , за исключением начального участка, как показали эксперименты, не зависит от длительности  $\tau_f$  фронта импульса магнитного поля, которая изменялась в диапазоне 5–400 нс, и равен 1, что может быть положено в основу метода калибровки импульсных перемагничивающих устройств. В этом случае регистрируемый ДОН представляет собой, по- существу, миниатюрный датчик магнитного поля микронного размера. На начальном участке кривой  $H_{из}(H_{см})$  ее наклон изменяется (рис. 1, а, б, поскольку изменяется распределение намагниченности в окрестности центра зародышеобразования при повышении  $H_{см}$ . Переход к линейному участку с наклоном, равным 1, свидетельствует о том, что все вектора намагниченности в исходном состоянии направлены вдоль нормали к пленке.

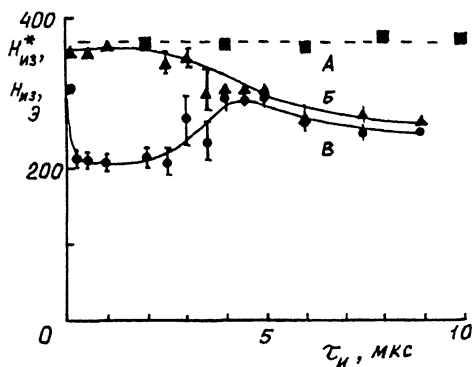


Рис. 2. Зависимости минимальных полей зародышеобразования  $H_{из}$  и  $H_{из}^*$  от длительности импульса магнитного поля  $\tau_{и}$  при  $H_{см} = 120$  Э. Показан разброс для пяти измерений (образец 3).

При периодическом зарождении ДОН импульсами магнитного поля, подаваемыми с частотой  $F$ , наблюдался своеобразный эффект "памяти". Оказалось, что если при периодической подаче импульсов поля уменьшать амплитуду  $H_{и}$ , то зарождение ДОН прекратиться не при  $H_{и} = H_{из}$ , а при меньшем значении  $H_{из}^*$ . В частности, для образца 3  $H_{из}^*/H_{из} = 0.5$ .

В связи с тем, что используемая установка [4] не позволяла проводить эксперименты при высокой частоте импульсов (более 50 Гц), то изменяли также длительность импульсов магнитного поля  $\tau_{и}$ .

Эффект "памяти" иллюстрирует рис. 2. Здесь кривая 1 соответствует однократному зарождению ДОН, при этом  $H_{из}$  практически не зависит от  $\tau_{и}$ . Кривую  $B$  получали следующим образом. На образец воздействовали импульсами поля с частотой 50 Гц, а их амплитуду медленно увеличивали от 0 до  $H_{из}$ , фиксируя появление ДОН. Если при малой длительности импульса магнитного поля порог зарождения ДОН оставался примерно таким же, как при однократном зарождении, то при  $\tau_{и} \gtrsim 3$  мкс наблюдается существенное снижение этого порога. Кривая  $B$  представляет собой зависимость  $H_{из}^*(\tau_{и})$ . Видно, что при  $\tau_{и} \gtrsim 5$  мкс кривые  $B$  и  $V$  весьма близки.

Заметим, что обсуждаемый эффект "памяти" наблюдался при условии, что  $H_{см}$  незначительно превышает  $H_0$ . При этом для различных центров зародышеобразования ход кривых  $B$  и  $V$  (рис. 2) значительно отличался.

Эффект "памяти" в настоящее время не находит полного объяснения. Скорее всего, в основе этого эффекта лежат те же процессы, которые ответственны за появление ано-

мальной магнитной вязкости [1,10]. Неоднородная ориентация векторов намагниченности в окрестности центра зародышеобразования и в доменной стенке ДОН обуславливает пространственную неоднородность диффузионного распределения примесей и вакансий в окрестности этого центра и, как следствие, возникновение наведенной локальной анизотропии.

Обнаруженный эффект может иметь место и при работе МОУТ и служить причиной снижения однородности порога переключения ячеек МОУТ в том случае, когда времена между последовательными переключениями разных ячеек значительно отличаются.

Таким образом, в настоящей работе показано, что при импульсном перемагничивании магнитооптических пленок феррит-гранатов с относительно малой намагниченностью насыщения, когда поле смещения незначительно превышает поле насыщения пленки, имеет место эффект "памяти", заключающийся в том, что пленка в течение некоторого времени после окончания перемагничивающего импульса "помнит" то распределение намагниченности вблизи центра зародышеобразования, которое сформировалось в конце перемагничивающего импульса, и проявляющийся как снижение порогового поля зарождения ДОН при увеличении частоты и/или длительности перемагничивающих импульсов.

Работа частично поддержана программой индивидуальных грантов Международного научного фонда.

### Список литературы

- [1] Рандошкин В.В., Червоненкис А.Я. Прикладная магнитооптика. М.: Энергоатомиздат. 1990. 320 с.
- [2] Рандошкин В.В., Червоненкис А.Я. В сб.: *Магнитооптические пленки феррит-гранатов и их применение*. М.: Наука. 1992. С. 123-135.
- [3] Рандошкин В.В. Там же. С. 49-107.
- [4] Логунов М.В., Рандошкин В.В., Сизачев В.Б. // ПТЭ. 1985. В. 5. С. 247-248.
- [5] Рандошкин В.В. Препринт ИОФАН. М.: 1989. 41 с.
- [6] Логунов М.В., Рандошкин В.В. // ФТТ. 1986. Т. 28. В. 5. С. 1559-15627.
- [7] Логунов М.В., Рандошкин В.В. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. В. 1. С. 28-32.

- [8] Клепарский В.Г., Рандошкин В.В. // ФТТ. 1981. Т. 23. В. 6: С. 1735-1739.
- [9] Рандошкин В.В. Мартынов А.Ф., Дурасова Ю.А., Лю-фачун М.А. // ФТТ. 1983. Т. 25. В. 3. С. 931-934.
- [10] Телеснин Р.В., Балбашов А.М., Мартынов А.Ф., Рандошкин В.В., Черволенкис А.Я., Черкасов А.П. // Письма в ЖТФ. Т. 7. 1981. В. 16. С. 1001-1004.

Совместная хозрасчетная лаборатория  
"Магнитооптоэлектроника"  
Института общей физики РАН  
при Мордовском государственном  
университете им.Н.П.Огарева

Поступило в Редакцию  
13 января 1994 г.

---