

направлении движения кубика при пробивании им металлической пластины [3]. Сходный вид течения (концентрация потока к середине ребер) должна реализовываться и при свободном обтекании прямоугольных тел газом или жидкостью.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Дробышевский Э.М., Жуков Б.Г., Назаров Е.В., Розов С.И., Соколов В.М., Веселков Д.Е., Куракин Р.О., Савельев М.А., Юферев С.В. МГД разгон диэлектрических тел в рельсотроне в режиме постоянного ускорения. Препринт ФТИ-1315, Л.: 1989. 23 с.
- [2] Viskery A.M. // J. Geophys. Res. 1986. V. 91. P. 14139-14160.
- [3] Dickinson D.L., Yatteau J.D., Recht R.F. // Int. J. Impact Engng. 1987. V. 5. P. 249-260.
- [4] Кондратенко М.М., Лебедев Е.Ф., Осташев В.Е., Сафонов В.И., Фортков В.Е., Ульянов А.В. // ТВТ. 1988. Т. 26. № 1. С. 159-164.

Физико-технический институт  
им. А.Ф. Иоффе АН СССР,  
Ленинград

Поступило в Редакцию  
13 марта 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 12

26 июня 1990 г.

05.2

© 1990

ИМПУЛЬСНОЕ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ  
ПЛЕНОК  $(Y, Lu, Pr, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$   
С РОМБИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПИЕЙ

М.В. Л о г у н о в, В.В. Р а н д о ш к и н,  
Ю.Н. С а ж и н

Быстродействие магнитооптических устройств типа управляемых транспарантов (МОУТ) в основном определяется скоростью доменных стенок (ДС) в магнитооптическом материале [1, 2]. Обычно МОУТ создают на основе висмут-содержащих монокристаллических пленок феррит-гранатов (Вс-МПФГ). Наибольшее быстродействие МОУТ обеспечивается при использовании Вс-МПФГ с компенсацией момента импульса [3-9] или с ромбической магнитной анизотропией (РМА) [10-12].

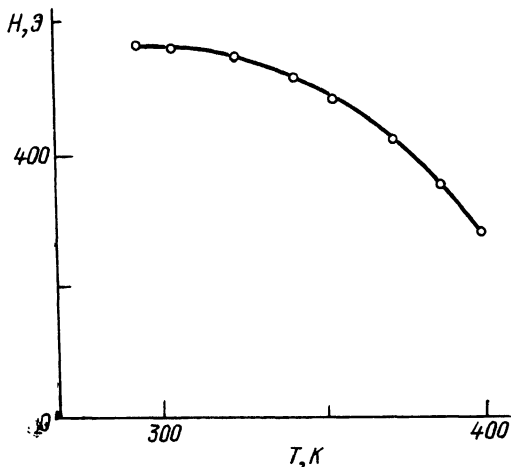


Рис. 1. Температурная зависимость порогового поля  $H_{вр}$  при  $H_{см} = 44$  Э и  $H_{пл} = 0$ .

В МОУТ с полностью магнитоизолированными ячейками их переключение начинается зарождением домена с обратной намагниченностью (ДОН) по механизму вращения векторов намагниченности [1, 13]. Механизмы импульсного перемагничивания Вс-МПФГ с невысокой скоростью ДС достаточно хорошо изучены [14-20]. Для Вс-МПФГ с высоким быстродействием такие сведения имеются только для пленок с компенсацией момента импульса [21].

В настоящей работе впервые изучена кривая импульсного перемагничивания (КИП) для Вс-МПФГ с РМА. Пленки состава  $(Y, Lu, Pr, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$  выращивали методом жидкофазной эпитаксии из переохлажденного раствора-расплава на подложках  $(Gd, Ca)_3(Mg, Zr, Ga)_5O_{12}$  с ориентацией (210). В работе приводятся данные для образца со следующими параметрами: толщина  $h = 17.7$  мкм, ширина полосовых доменов  $W = 20.4$  мкм, поле коллапса цилиндрических магнитных доменов  $H_0 = 38$  Э, поле одноосной магнитной анизотропии  $H_k = 3300$  Э.

Эксперименты проводили с помощью универсальной магнитооптической установки [22]. В процессе исследований в исходном состоянии образец намагничивали до насыщения постоянным полем смещения  $H_{см} \geq H_0$ , приложенным перпендикулярно плоскости пленки. Импульсное магнитное поле  $H_i$  прикладывали в противоположном направлении. Это поле создавали с помощью пары катушек диаметром 2.5 мм, между которыми помещали образец. К образцу также прикладывали постоянное магнитное поле  $H_{пл}$ , параллельное плоскости пленки (планарное поле).

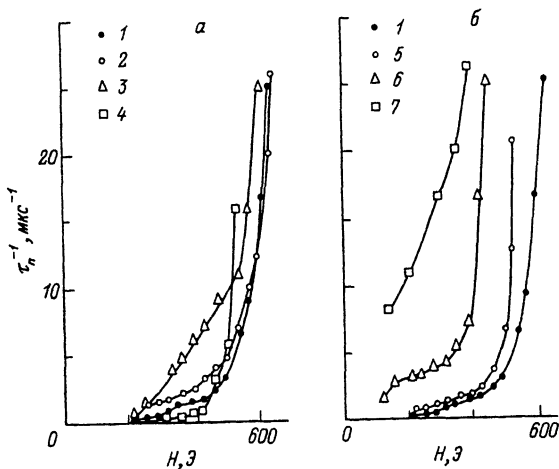


Рис. 2. КИП при  $T = 357 \text{ К}$ ,  $H_{\text{пл}} = 44 \text{ Э}$  для двух направлений пландарного магнитного поля (а, б) при разных  $H_{\text{вр}}$ ,  $\text{Э}$ : 0 (1), 268 (2), 670 (3), 1340 (4), -134 (5), -536 (6) и -670 (7).

На рис. 1 приведена температурная зависимость порогового магнитного поля  $H_{\text{вр}}$  ( $H_{\text{пл}} = 0$ ), при превышении которого импульсным магнитным полем образец перемагничивается по механизму вращения векторов намагниченности [19, 20]. Видно, что  $H_{\text{вр}}$  монотонно снижается с ростом температуры  $T$ . Заметим, что кривая  $H_{\text{вр}}(T)$  коррелирует с температурной зависимостью эффективного поля одноосной анизотропии  $H_{\text{кэ}} = H_{\text{к}} - 4\lambda M_s$ , хотя значения  $H_{\text{кэ}}$  и  $H_{\text{вр}}$  различаются примерно в 5 раз, тогда как для одноосных  $\text{Вс}_2\text{МДФГ}$  с ориентацией (111) указанные значения близки. Высокие значения  $H_{\text{кэ}}$  и  $H_{\text{вр}}$  при комнатной температуре затрудняют проведение экспериментов по импульсному перемагничиванию исследуемых  $\text{Вс}$ -МДФГ, поэтому детальное исследование КИП проводили при  $T = 357 \text{ К}$ .

Типичные КИП приведены на рис. 2. Поле  $H_{\text{пл}}$  прикладывали вдоль оси РМА. Видно, что при  $H_{\text{пл}} = 0$  основное отличие формы КИП от „идеальной“ [14-16] состоит в присутствии небольшой „ступеньки“ на участке, для которого  $\tau_n^{-1} \approx 2 \text{ мкс}^{-1}$ . Появление этой ступеньки связано не с неоднородностью образца, как в [19, 20], а с изменением плотности центров зародышеобразования при перемагничивании.

С ростом  $N_{\text{пл}}$  для одного направления этого поля (рис. 2, а) КИП смещается влево (в сторону меньших значений  $N_{\text{д}}$ ). Для противоположного направления планарного магнитного поля (рис. 2, б) КИП смещается в меньшей степени, причем с ростом  $N_{\text{пл}}$  это смещение является немонотонным. Заметим, что указанным направлениям соответствуют максимумы нормальной составляющей критического поля однородного зарождения доменной структуры [23], причем эти составляющие имеют противоположный знак.

При фиксированном значении действующего магнитного поля  $N = N_{\text{д}} - N_{\text{см}}$  увеличение плотности центров зародышеобразования с ростом  $N_{\text{пл}}$  наблюдается лишь до его значения  $N_{\text{пл}} = 670$  Э. При дальнейшем повышении  $N_{\text{пл}}$  плотность этих центров резко падает, а при  $N_{\text{пл}} > 1340$  Э зарождение ДОН не наблюдается.

На рис. 2, а, б видно, что после превышения значения  $N_{\text{вр}}$  время перемагничивания  $\tau_{\text{л}}$  резко снижается с ростом  $N$ . В частности, при  $N_{\text{пл}} = 0$  оно уменьшается с  $\sim 300$  нс до  $\sim 40$  нс при увеличении  $N$  с 500 до 600 Э. Заметим, что в МОУТ, конструкция которого описана в [13], время перемагничивания определяет минимальную длительность управляющего импульса тока, обеспечивающего зарождение ДОН в ячейке.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Р ан до ш к и н В.В., Ч е р в о н е н к и с А.Я. Прикладная магнитооптика. М.: Энергоатомиздат, 1990.
- [2] Р ан до ш к и н В.В., Р ы б а к В.И., С и г а ч е в В.Б., Ч а н и В.И., Ч е р в о н е н к и с А.Я. // Микроэлектроника. 1986. Т. 15. В. 1. С. 16-24.
- [3] З а б о л о т н а я Н.В., О с и к о В.В., Р ан до ш к и н В.В., С и г а ч е в В.Б., Т и м о ш е ч к и н М.И. // Письма в ЖТФ. 1984. Т. 10. В. 13. С. 788-792.
- [4] Р ан до ш к и н В.В., С и г а ч е в В.Б. // Письма в ЖЭТФ. 1985. Т. 42. В. 1. С. 34-37.
- [5] Р ан до ш к и н В.В., С и г а ч е в В.Б. // ФТТ. 1987. Т. 29. В. 9. С. 2658-2665.
- [6] Р ан до ш к и н В.В., С и г а ч е в В.Б. // ЖТФ. 1988. Т. 58. В. 12. С. 2350-2354.
- [7] Л о г и н о в Н.А., Л о г у н о в М.В., Р ан до ш к и н В.В. // ФТТ. 1989. Т.31. В. 10, С. 58-63.
- [8] R a n d o s h k i n V. V. // Proc. SPIE. 1989. V. 1126. paper 21.
- [9] Р ан до ш к и н В.В., С и г а ч е в В.Б. // ФТТ. 1990. Т. 32. В. 1. С. 246-253.
- [10] В а с и л ь е в а Н.В., К л и н В.П., К у з н е ц о в И.А., Н а м Б.П., Р ан до ш к и н В.В., С и г а ч е в В.Б., Ч а н и В.И., Ч е р в о н е н к и с А.Я. Новые магнитные материалы микроэлектроники: Тез. Всесоюз. школы-семинара, Ташкент, 1988. С. 300-301.

- [11] Р андошкин В.В., Ч ани В.И., Логунов М.В., Сажин Ю.Н., Кли н В.П., На м Б.П., Со л о в ь е в А.Г., Ч е р в о н е н к и с А.Я. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 14. С. 42-44.
- [12] Кли н В.П., Логунов М.В., На м Б.П., Р ан дошкин В.В., Сажин Ю.Н., Со л о в ь е в А.Г., Ч ани В.И., Ч е р в о н е н к и с А.Я. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 14. С. 79-84.
- [13] F e d e l y J.M., D e l a g e M.T., J o u v e n, R i s e l l a J. // IEEE Trans. Magn. 1984. V. MAG-20. N 5. P. 1019-1021.
- [14] Ко по то в О.С., Ку д е л ь к и н Н.Н., По го ж е в В.А., Те п е с н и н Р.В. // ЖТФ. 1985. Т. 55. В. 4. С. 761-764.
- [15] Ло гу но в М.В., Р ан дошкин В.В. // ЖТФ. 1985. Т. 55. В. 6. С. 1199-1201.
- [16] Ло гу но в М.В., Р ан дошкин В.В. // ЖТФ. 1985. Т. 55. В. 10. С. 1987-1991.
- [17] Ку д е л ь к и н Н.Н., Пр о х о р о в А.М., Р ан дошкин В.В., Си га ч е в В.Б., Ти мо ше ч ки н М.И. // Доклады АН СССР. 1985. Т. 281. В. 4. С. 848-851.
- [18] Ло гу но в М.В., Р ан дошкин В.В., Си га ч е в В.Б. // ФТТ. 1987. Т. 29. В. 8. С. 2247-2254.
- [19] Ду до ро в В.Н., Ло гу но в М.В., Р ан дошкин В.В. // ФТТ. 1986. Т. 28. В.5. С. 1549-1552.
- [20] Ло гу но в М.В., Р ан дошкин В.В. // ФТТ. 1986. Т. 28. В. 5. С. 1559-1562.
- [21] Ло ги но в Н.А., Ло гу но в М.В., Р ан дошкин В.В. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 14. С. 1315-1318.
- [22] Ло гу но в В.В., Ра дошкин В.В., Си га ч е в В.Б. // ПТЭ. 1985. № 5. С. 247-248.

Институт общей физики АН СССР,  
Москва

Поступило в Редакцию  
28 февраля 1990 г.