

05.2

Быстродействие и энергетические затраты на переключение состояния ячеек магнитооптического транспаранта

© М.В. Логунов, Н.В. Моисеев, Ю.Н. Сажин, С.В. Юдина

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, Саранск
E-mail: logunov@mrsu.ru

Поступило в Редакцию 9 января 2003 г.

Представлены результаты исследования методом высокоскоростной фотографии динамических процессов перемагничивания магнитооптических транспарантов на базе висмутосодержащих пленок ферритов-гранатов. Показано, что зависимости требуемых для переключения состояния ячеек транспарантов энергозатрат от времени переключения ячеек носят пороговый характер.

Электрически управляемые магнитооптические транспаранты [1–6] находят применение в оптических процессорах, принтерах, дисплеях, волоконно-оптических коммутаторах и отличаются от жидкокристаллических аналогов [7] прежде всего повышенным быстродействием. Важным направлением совершенствования параметров транспарантов является снижение как управляющих магнитных полей [8], так и длительности воздействия магнитными полями. Эти параметры определяют тепловыделение в управляющих проводниках транспаранта и, как следствие, термостабильность его работы.

В настоящей работе представлены результаты исследования динамических процессов перемагничивания макета транспаранта методом высокоскоростной фотографии с временным разрешением 5 ns [9]. Ячейки транспаранта размером $\sim 100 \mu\text{m}$ получены диффузионным отжигом в висмутосодержащей монокристаллической пленке феррита-граната состава $(\text{Bi}, \text{Y}, \text{Pr})_3(\text{Fe}, \text{Ga})_5\text{O}_{12}$ с кристаллографической ориентацией (210) [4,10]. Отклонение оси легкого намагничивания от перпендикуляра к плоскости транспаранта, свойственное пленкам гранатов с такой ориентацией [11,12], не превышало нескольких градусов. Для изменения состояния ячеек прикладывали квазистатическое поле смещения H_b и/или импульсное поле H_p перпендикулярно плоскости

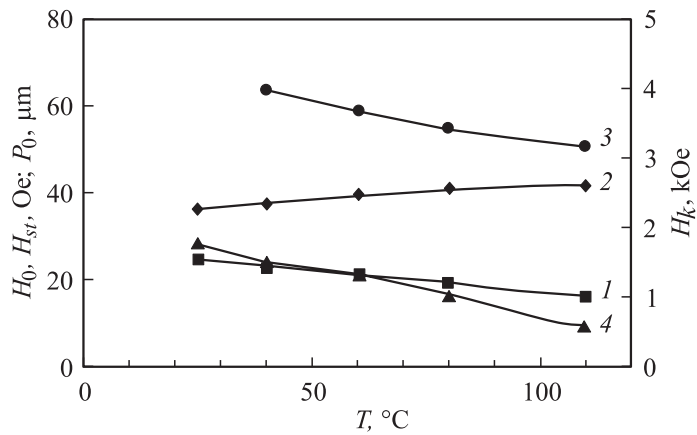


Рис. 1. Зависимости статических параметров исходной пленки феррита-граната: периода полосовых доменов P_0 (1), поля коллапса ЦМД H_0 (2), поля анизотропии H_k (3) и поля переключения ячеек транспаранта H_{st} (4) от температуры T .

транспаранта. Длительности фронта и спада импульса поля H_p составляли ~ 20 ns.

На рис. 1 представлены температурные зависимости основных статических параметров пленки феррита-граната вне ячеек транспаранта: периода полосовых доменов P_0 , поля коллапса ЦМД H_0 , поля анизотропии H_k , а также статического поля переключения ячеек транспаранта H_{st} . Наличие точки компенсации магнитного момента ниже комнатной температуры вызывало рост поля переключения ячеек транспаранта H_{st} при приближении к комнатной температуре. Монодоменное состояние ячеек в отсутствие H_b , H_p сохранялось и вдали от точки компенсации — до температуры выше 100°C . В целом термостабильность параметров пленки удовлетворяет требованиям, предъявляемым к материалам для транспарантов.

Методом высокоскоростной фотографии установлено, что при перемагничивании в импульсном поле для исследованного транспаранта основной механизм перемагничивания — движение доменных границ от периферии к центру ячейки транспаранта, а в полях выше $H_p > 200$ Oe — также и зарождение доменов по площади ячейки во время действия импульса поля. Высокие динамические парамет-

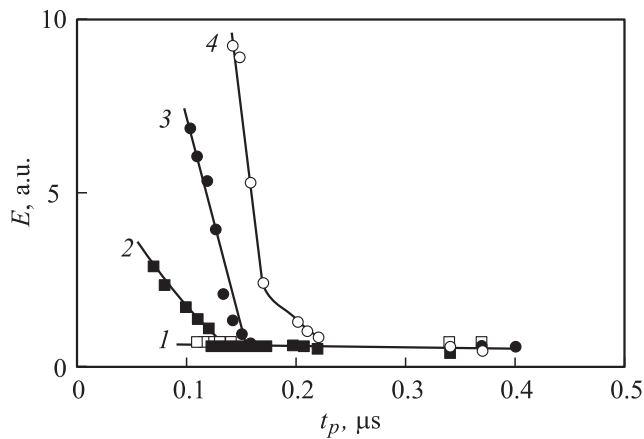


Рис. 2. Энергия E , затрачиваемая на перемагничивание ячейки транспаранта, в зависимости от времени переключения ячейки для различных температур T : 28 (1), 60 (2), 80 (3), 107°C (4).

ры данного транспаранта связаны с 210-ориентацией пленки и, как следствие, наличием орторомбической компоненты анизотропии [11,12], повышающей предельную скорость стационарного движения доменных границ [10].

Основной динамический параметр, определяющий скорость переключения информационных ячеек транспаранта — скорость насыщения доменных границ V_S , в рабочем интервале температур транспаранта $T = 20–100^\circ\text{C}$ изменялась вдвое, минимальное значение $V_S \sim 350$ м/с. Такая величина скорости насыщения более чем на порядок превосходит скорость доменных границ в пленках с ориентацией (111), являющихся основным материалом для магнитооптических устройств и обладающих преимущественно одноосной анизотропией. Это и определяет высокие динамические параметры транспаранта: время переключения ячейки транспаранта может быть менее $0.1 \mu\text{s}$ (рис. 2).

Параметром, существенно влияющим на выбор материала для магнитооптических устройств, является энергия E , затрачиваемая на создание импульса магнитного поля в процессе перемагничивания ячейки транспаранта. Она определяет термостабильность магнитооптического

транспаранта и область его устойчивой работы. Энергия E зависит от напряженности H_p и длительности t_p импульса магнитного поля, необходимого для переключения ячейки, и характеризуется выражением

$$E \sim H_p^2 t_p.$$

Нами обнаружено, что на зависимостях $E(t_p)$ можно выделить по два характерных участка (рис. 2). В данном случае время перемагничивания ячейки зависит от H_p : оно уменьшается при увеличении H_p за счет увеличения скорости доменных границ и увеличения плотности центров зарождения доменов. Повышение энергозатрат с ростом температуры при одинаковых временах переключения также связано с изменениями вкладов этих механизмов перемагничивания, в основном с уменьшением скорости доменных границ. Отметим, что разделение зависимости $E(t_p)$ на два участка с разными тангенсами угла наклона имеет место для разных температур.

Нелинейность зависимости $E(t_p)$ приводит к тому, что, например, стремление уменьшить время перемагничивания в 1.5–2 раза может увеличить энергетические затраты на переключение состояния ячеек более чем на порядок. В свою очередь это может привести к сбоям в работе ячеек из-за увеличения выделения энергии в токопроводящих элементах, формирующих переключающие магнитные поля, и изменения температурного режима работы транспаранта.

Таким образом, учет порогового характера энергозатрат позволит оптимизировать условия работы транспаранта — сделать правильный выбор между максимально достижимым быстродействием и приемлемым выделением энергии в системе управления транспаранта.

Список литературы

- [1] Hill B., Schmidt K.P. // Philips. J. Res. 1978. V. 33. N 5/6. С. 211–225.
- [2] Paroli P.B. // Thin Solid Films. 1984. V. 114. P. 187–219.
- [3] Губарев А.П., Рандошкин В.В., Сигачев В.Б. и др. // ЖТФ. 1985. Т. 55. В. 7. С. 1393–1399.
- [4] Логунов М.В., Рандошкин В.В., Сажин Ю.Н. и др. // ЖТФ. 1991. Т. 61. В. 4. С. 205–207.
- [5] Балахонский А.А., Кирюхин Н.Н., Никеров В.А. и др. // Микроэлектроника. 1991. Т. 20. В. 3. С. 304–311.

- [6] *Cho J., Santhanam S., Le T.* et al. // J. Appl. Phys. 1994. V. 76. N 3. P. 1910–1919.
- [7] *Владимиров В.Л., Моричев И.Е., Плетнева Н.И.* и др. // ЖТФ. 1990. Т. 60. В. 3. С. 203–206.
- [8] *Park J.H., Nishimura K., Ionoue M.* et al. // J. Appl. Phys. 2002. V. 91. N 10. P. 7014–7016.
- [9] *Логунов М.В., Рандошкин В.В., Сигачев В.Б.* // ПТЭ. 1985. № 5. С. 247–248.
- [10] *Клин В.П., Логунов М.В., Нам Б.П.* и др. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 14. С. 79–84.
- [11] *Балбашов А.М., Лисовский Ф.В., Мансветова Е.Г.* // Препринт ИРЭ АН СССР. Москва, 1988. № 25 (100). 25 с.
- [12] *Ильичева Е.Н., Клушина А.В., Широкова Н.Б.* и др. // ЖТФ. 1987. Т. 67. В. 6. С. 32–35.