

электрического поля позволяет увеличить как глубину диффузии, так и количество вошедших протонов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] D e M i c h e l i M., B o t i n e a u J., S i b i l l o t P. et al // Opt. Commun. 1982. V. 42. N 2. P. 101-103.
- [2] P i t t C.W., B u r b i e G., W a n T a t. // Electron. Lett. 1987. V. 23. N 19. P. 987-989.
- [3] C h a r t i e r G.H., J a u s s a u d P., d e O l i v e i r a A.D., P a r r i a u x O. // Elect. ron. Lett. 1978. V. 14. N 5. P. 132-134.
- [4] D a w a r A.L., A l - S h u k r i S.M., d e L a R u e R.M. // Appl. Opt. 1986. V. 25. N 9. P. 1495-1498.
- [5] Г а н ь ш и н В.А., К о р к и ш к о Ю.Н., П е т р о в а В.З. // ЖТФ. 1988. Т. 58, в. 6. С. 1122-1127.

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

Поступило в Редакцию
9 января 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 5
0.2; 05.2

12 марта 1989 г.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПОЛОСОВЫХ ДОМЕНОВ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО ОТЖИГА

С.Е. Ю р ч е н к о, Е.Е. Ч е п у р о в а,
В.Д. Х о д ж а е в, И.П. И е р у с а л и м о в

В последнее время возрос интерес к физическим явлениям, стимулирующим разработку запоминающих устройств с высокой плотностью записи (до 10^9 бит/см²), носителями двоичной информации в которых являются пары вертикальных блоховских линий (ВБЛ), а накопительными регистрами служат полосовые домены (ПД), находящиеся в устойчивом состоянии.

Для создания накопительного массива в устройствах с ВБЛ необходима стабилизация ПД, обычно осуществляемая с помощью формирования в феррит-гранатовых (ФГ) пленках магнитного рельефа. Можно указать несколько способов стабилизации ПД [1-3]: с помощью локальной ионной имплантации, напыления тонких пленок с высокой коэрцитивной силой, травления канавок определенных размеров и др. Особого внимания (из-за высокой технологичности и обеспечения планарности слоев) заслуживает метод лазерного отжига (ЛО), позволяющий, как показано в [4], локально изменять магнитные свойства ЛО областей ФГ пленок и тем самым создавать

необходимый магнитный рельеф. Возможность стабилизации с помощью ЛО продемонстрирована в [5].

В представленной работе с помощью магнитооптической методики микронного разрешения, подробно описанной в [6], проведено исследование магнитного рельефа вблизи лазерноотожженных областей в ФГ пленках, изучены условия стабилизации ПД, а также влияние ЛО на квазистатические характеристики доменных границ (ДГ) полосовых доменов.

Образцами служили $(Bi_{1-x}Lu_x)_3(FeGa)_5O_{12}$ и $(Bi_{1-x}Tm_x)_3(FeGa)_5O_{12}$ ФГ пленки, с шириной полосового домена $W=6.16$ и 15 мкм, толщиной $h=7$ и 8 мкм, намагниченностью насыщения $4\pi M=150$ и 130 Гс, полем анизотропии $H_k=1.08$ и 3.9 кЭ, полем коллапса $H_{кол}=72$ и 25 Э.

Лазерный отжиг осуществляется с помощью кнесенонового лазера ($\lambda=550$ нм) с интегральной мощностью 45 мВт. Площадь пятна засветки 10 мкм². Скорость сканирования луча изменялась от 0.005 до 0.02 см/с. Лазерноотожженные области представляли собой полосы шириной, превышающей в $1.5-3$ раза размер ПД исходной пленки, и длиной несколько миллиметров.

На рис. 1, а приведена типичная система изучаемых ЛО областей (темные полосы) с наблюдаемой вблизи них доменной структурой. Визуализация доменной структуры осуществлялась с помощью эффекта Фарадея в поляризованном свете.

Проведенные исследования показали, что стабилизация ПД в значительной мере зависит от мощности лазерного луча, скорости сканирования луча, расстояния между ЛО полосами, а также ориентации этих полос относительно кристаллографических направлений.

Установлено, что при ориентации ЛО полос вдоль осей типа $[11\bar{2}]$ стабилизация ПД отмечается при энергии лазерного луча $E=45$ мВт и скорости сканирования $0.015-0.02$ см/с. При отклонении от данного направления, стабилизация ПД реализуется с помощью небольшого поля смещения, величина которого для произвольных направлений различалась на $20-30\%$.

Заметим, что при уменьшении скорости сканирования до $(3-4) \times 10^{-3}$ см/с при энергии лазерного луча 45 мВт наблюдалось разрушение ФГ пленки, проявляющееся в растрескивании и расплавлении ЛО областей с потерей в них доменной структуры.

Исследование магнитного рельефа ФГ пленок вблизи ЛО областей проводилось с помощью эффекта Фарадея \mathcal{S}_φ , а также полярного \mathcal{S}_n и экваториального \mathcal{S}_z эффектов Керра. Перпендикулярно плоскости образца прикладывалось внешнее переменное магнитное поле, соответствующее полному перемагничиванию измеряемой пленки, и при сканировании щели ФЭУ в направлении, перпендикулярном ЛО-полосе (ось x), снимались зависимости $\mathcal{S}_\varphi(x)$, $\mathcal{S}_n(x)$ и $\mathcal{S}_z(x)$. Входная щель ФЭУ соответствовала засвеченному участку поверхности образца в виде узкой полоски размером $0.3 \cdot 10$ мкм². Результаты измерений представлены на рис. 1, б.

Оказалось, что экваториальный эффект Керра, пропорциональный составляющей намагниченности, лежащей в плоскости пленки, в пределах ошибки эксперимента отсутствует.

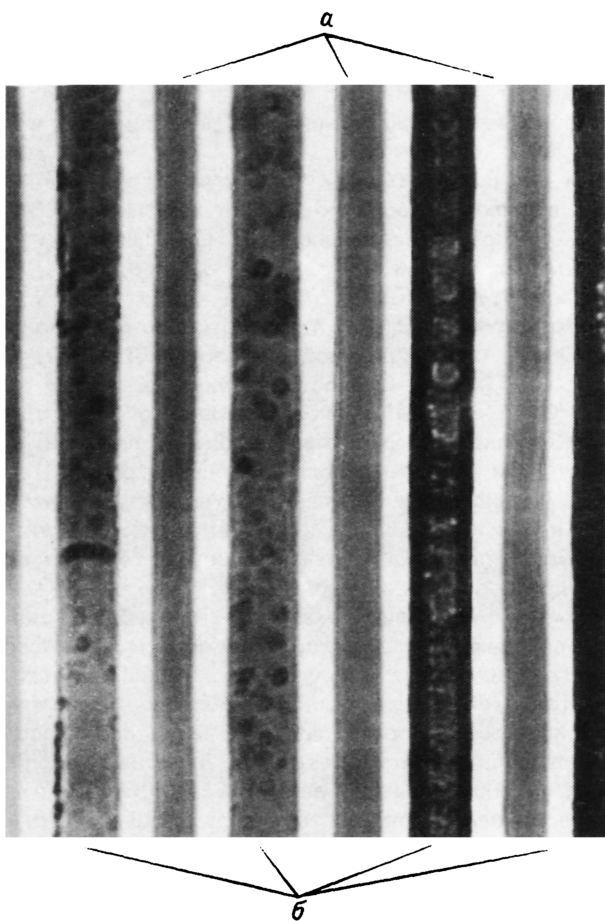


Рис. 1. а - полосовая доменная структура (а) в системе лазерно-отожженных полос (б) для $(BiTm)_3(FeGa)_5O_{12}$ ФГ пленки. б - изменение величины эффекта Фарадея $S_F(x)$ (1) и полярного эффекта Керра $S_K(x)$ (2) вдоль оси x , перпендикулярной ЛО полосе.

Установлено, что как S_F , так S_K в ЛО областях уменьшаются: S_K - в 3-5 раз, S_F в 1.5-2 раза. Значительное увеличение поля пермагничивания (\sim в 3 раза) несколько сглаживает зависимость $S_F(x)$, при этом $S_K(x)$ остается практически неизменным. Обнаруженное уменьшение эффекта Фарадея в ЛО полосе может быть объяснено тем, что в процессе быстрого разогрева ФГ-пленки

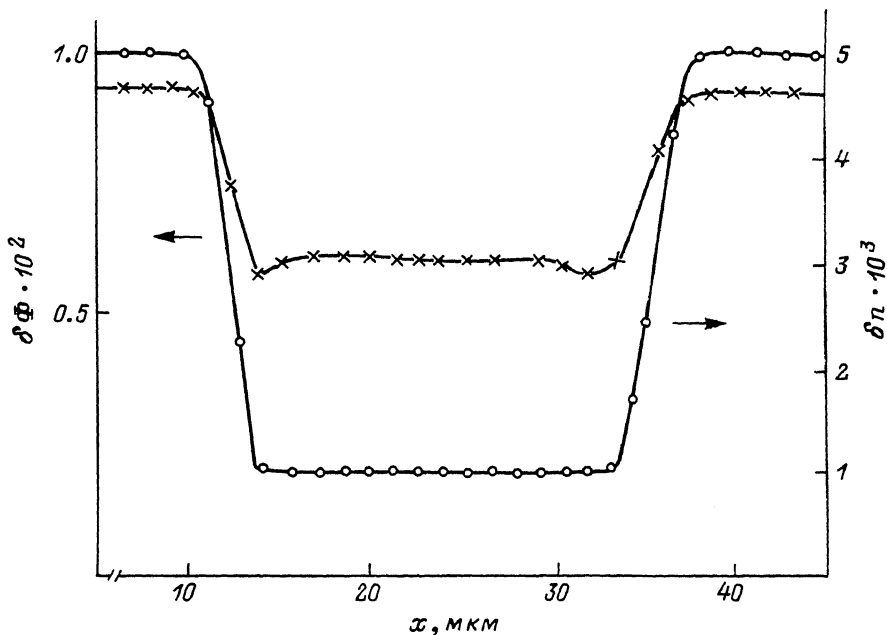


Рис. 1 (продолжение).

лазерным лучом происходит увеличение концентрации Ga в $[a]$ подрешетке и уменьшение в $[\bar{a}]$ подрешетке. В результате намагниченность подрешетки и соответствующая результирующая намагниченность увеличивается. Вместе с тем фарадеевское вращение плоскости поляризации в ФГ определяется как сумма аддитивных вкладов различных магнитных подрешеток [7].

$$\alpha\varphi = \pm (AM_{Fe_{[a]}} - BM_{Fe_{[\bar{a}]}} + CM_R),$$

где A, B, C – некоторые коэффициенты. Таким образом, можно утверждать, что зарегистрированное нами уменьшение эффекта Фарадея свидетельствует об увеличении намагниченности в ЛО областях, что в свою очередь является результатом миграции ионов Ga и Fe между окта- и тетраэдрическими узлами. Подчеркнем, что об увеличении намагниченности свидетельствовало также наблюдаемое уменьшение (\sim в 2–3) раз размеров доменов в ЛО областях.

При исследовании реакции ПД на воздействие импульсов однородного поля смещения $H_{см}$ было обнаружено, что при $H_{см}$, меньше некоторого критического значения $H_{кр}$, амплитуды колебаний соседних доменных границ (A_1 и A_2) ПД различаются. На рис. 2

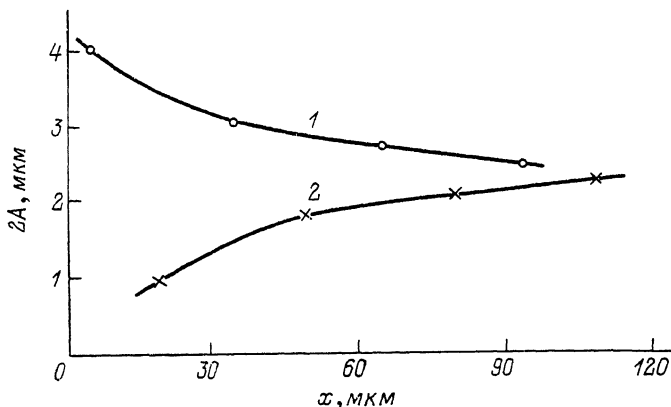


Рис. 2. Изменение амплитуды колебаний нечетных (1) и четных (2) (относительно края ЛО области) доменных границ по мере удаления от края ЛО области.

отображено типичное изменение амплитуды колебаний ДГ по мере удаления от края ЛО полосы. Кривая 1 этого рисунка соответствует нечетным номерам ДГ, а 2 – четным. Установлено, что при заданном $H_{см} < H_{кр}$ суммарное значение $(A_1 + A_2)$ постоянно для всех ПД с одинаковым направлением намагниченности, при этом отношении $(A_1 - A_2)/A_1$ может быть равным 1 вблизи края ЛО полосы, уменьшаясь до нуля по мере удаления от нее.

Заметим, что указанные закономерности поведения ДГ наблюдались как в случае одиночной ЛО полосы, так и пары ЛО полос, расположенных на определенном расстоянии L друг от друга. При этом в случае L , превышающем в 5–7 раз ширину полосового домена, уравнивание A_1 и A_2 происходит примерно на середине этого расстояния.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют об эффективном использовании локального лазерного отжига для создания магнитного рельефа для стабилизации ПД.

Результаты исследования особенностей поведения доменных границ вблизи ЛО областей необходимо учитывать при разработке устройств памяти на ВБЛ.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] K l e i n D., E n g e m a n n J. // J. Appl. Phys. 1985. V. 57. N 8. P. 11B. P. 4071-4073.
 [2] S u z u k i T., et al. // IEEE Trans. Magnet. 1986. V. MAG-22. N 5. P. 784-789.

- [3] H i d a k a Y. // Appl. Phys. Lett. 1986. V. 48. N 2. P. 121-123.
- [4] S c h u l t z L., G i e s s E.A., H o d s o n R.T. S e d g w i c k T.O. // J. Appl. Phys. 1979. V. 50. P. 5902-5905.
- [5] A n d o K. at al. // J. of Magnet. Magnet. Materials. 1983. V. 35. P. 350-352.
- [6] К р и н ч и к Г.К., Ш т а й н А.В., Ч е п у р о в а Е.Е. // ЖЭТФ. 1984. Т. 87. № 6 (12). С. 2014-2023.
- [7] G r o s s l e y W.A, C o o p e r R.W., P a g e I.L., V a n S t a p e l e R.P. // Phys. Rev. 1969. V. 181. N 2. P. 897-904.

Институт проблем управления
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
19 июля 1988 г.
В окончательной редакции
10 ноября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 5
01; 03

12 марта 1989 г.

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ В ТОНКИХ СЛОЯХ НЕМАТИКА

О.Д. Л а в р е н т о в и ч, В.М. П е р г а м е н ш и к В.М.

В настоящей работе впервые обнаружено, что в равновесном состоянии тонкого слоя нематического жидкого кристалла в отсутствие внешних полей, но при вырожденной и различной ориентации молекул на нижней и верхней поверхностях, распределение директора периодически в плоскости слоя (рис. 1, а, б).

Указанные выше гибридные граничные условия на опыте задавались нанесением нематика (ЖК-440; 4-метоксифенилиден-4'-бутиланилин или пентилцианбифенил) на поверхность глицерина или α, ω -акрил-бил-(пропилглицоль)-2,4-толуилдендиоритана (АПГТ); верхняя поверхность оставалась свободной. Для всех комбинаций нематических веществ и подложек ось легкого ориентирования молекул нематика касательна к поверхности подложки и почти нормальна к свободной поверхности. На обеих поверхностях граничные условия вырождены: ось легкого ориентирования может вращаться относительно нормали к слою. Градиенты температуры отсутствовали.

Пленка нематика толщиной h менее 1 мкм в описанных условиях при наблюдении в поляризационный микроскоп обнаруживает доменные структуры в виде чередующихся темных и светлых полос (рис. 1, а, б). Модуляция интенсивности света вызвана искривлениями директора в горизонтальной плоскости. Последнее подтверж-