

- [1] Гудзенко О. И., Лапшин А. И., Косотуров А. В., Трохан А. М. // ЖТФ. 1985. Т. 55. Вып. 3. С. 612—614.
- [2] Трохан А. М., Лапшин А. И., Гудзенко О. И., Косотуров А. В. А. С. (СССР). № 1233022 А 1. Приоритет от 15.08.83.
- [3] Качурин Л. Г., Колев С., Псаломщиков В. Ф. // ДАН СССР. 1982. Т. 267. № 2. С. 347—350.
- [4] Медалиев Х. Х., Березкин В. В., Кяров Х. Б., Сижажев С. М. // Тр. ВГИ. 1979. Вып. 42. С. 84—88.
- [5] Качурин Л. Г. Физические основы воздействия на атмосферные процессы. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 455 с.

Поступило в Редакцию  
28 марта 1988 г.  
В окончательной редакции  
28 февраля 1990 г.

06; 12

Журнал технической физики, т. 61, в. 5, 1991

© 1991 г.

## ТЕРМОМАГНИТНАЯ ЗАПИСЬ В ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНКАХ VI-ЗАМЕЩЕННЫХ ГРАНАТОВ

А. В. Антонов, М. Ю. Гусев, В. В. Лысак, Н. С. Неустроев, С. Н. Савченко

В настоящее время значительно усилился интерес к магнитооптическим материалам как к перспективным средам, на основе которых могут быть созданы эффективные системы записи сигналов [1, 2]. При этом разработка таких устройств связана не только с получением новых типов регистрирующих сред, но и с разработкой оптимальных принципов записи [3, 4].

В работе представлены результаты исследований характеристик термомагнитной записи электронным лучом в коэрцитивных пленках VI-замещенного феррит-граната составов  $(\text{BiLuSm})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$  и  $(\text{BiGd})_3(\text{FeGaAl})_5\text{O}_{12}$  с перпендикулярной плоскости среды анизотропией. Образцы получены из раствор-расплава на основе  $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{—PbO—V}_2\text{O}_5$ . Коэрцитивность движения доменной стенки  $H_c$  создавалась за счет получения «фасетированной» структуры пленок [5]. При этом исследовались среды двух типов (рис. 1): с отрицательным (1) и положительным (2) градиентами температурной зависимости коэрцитивной силы (ТЗКС). С целью выявления особенностей термомагнитной записи и определения оптимальных параметров регистрации толщина пленок  $h$  изменялась в пределах от 1 до 7.5 мкм, минимальное и максимальное значение температур Кюри  $T_c$  составляли соответственно для различных образцов 75 и 120 °С, величина поля коэрцитивности в диапазоне температур 20 °С— $T_c$  изменялась от 230 до 2000 Э. Удельное фарадеевское вращение при  $T \leq 50$  °С не хуже  $10^4$  град/см при длине волны считывающего света  $\lambda = 0.63$  мкм. Параметры пленок обеспечивают существование устойчивых доменов размером менее 0.5 мкм [6].

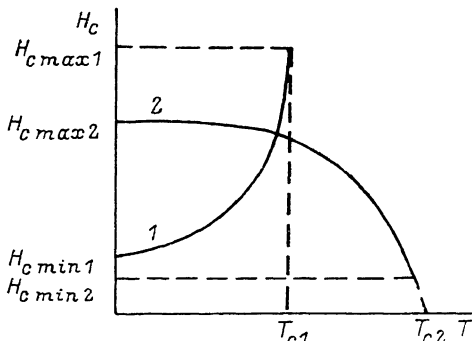


Рис. 1. Температурная зависимость коэрцитивной силы.

1 —  $\text{grad} H_c < 0$ , 2 —  $\text{grad} H_c > 0$ .

Для записи информации исследуемые среды помещались в разработанной экспериментальной установке электронно-лучевой термомагнитной регистрации, во внешнее магнитное поле  $H_0$ , величина которого устанавливалась в пределах 0—120 Э. Направление  $H_0$  противоположно ориентации исходной намагниченности феррит-гранатовой пленки. Регистрация выполнялась в результате нагрева поверхности среды сфокусированным электронным лучом до температуры, равной или выше  $T_c$ . Причем запись выполнялась в двух режимах: растро-

вом режиме сканирования электронного луча и режиме побитовой регистрации неподвижным во время записи лучом. В первом случае магнитограмма представляет собой набор регулярных линий, ширина которых (рис. 2, а) определяется скоростью движения, интенсивностью и характеристиками распределения плотности тока пучка. Во втором случае формировались изолированные магнитные домены обратной полярности, диаметр которых (рис. 2, б) зависит

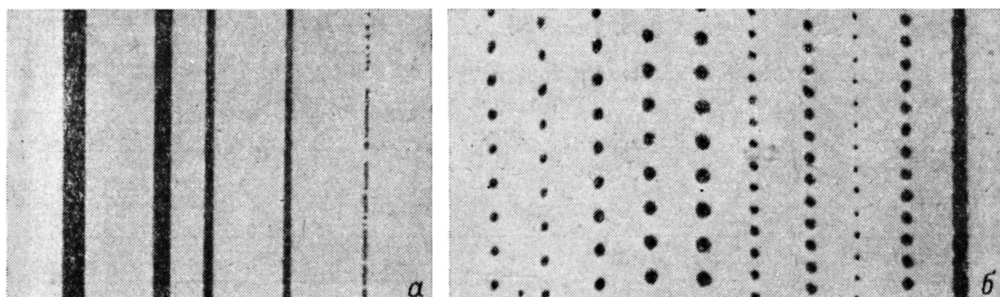


Рис. 2. Результаты термомагнитной записи.

от длительности импульсов нагрева и параметров луча. В процессе исследований максимальный ток пучка составлял 80 мкА, а диаметр по уровню 0.5 максимальной плотности тока  $d_{0.5}$  был равен 15 мкм. При этом, как показали результаты измерений, луч имеет гауссов закон распределения.

Для оценки энергетических характеристик записи регистрация сигналов проводилась для нескольких значений начальной температуры  $T_0$  среды и при неизменном ускоряющем напряжении  $E=15$  кВ. На рис. 3 представлены зависимости размера элемента записи  $D$

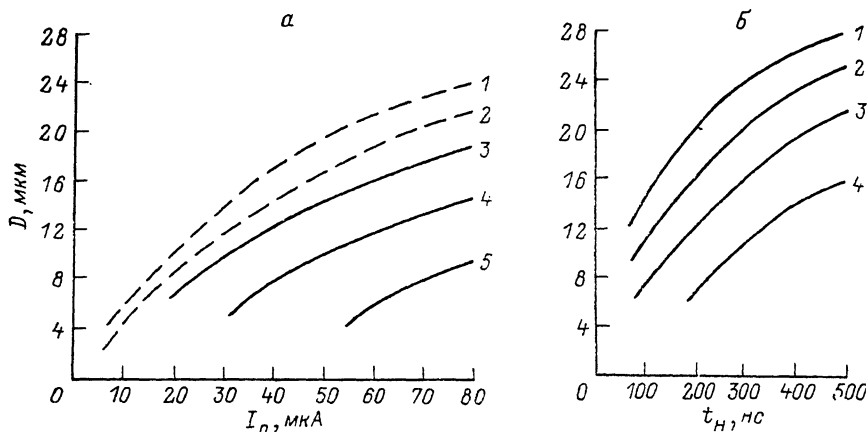


Рис. 3. Пространственно-энергетические характеристики термомагнитной записи.

Сплошные линии —  $h=2.1$  мкм, штриховые —  $h=1$  мкм.  $H=24$  Э; а —  $t_n=88$  нс;  $\Delta T$ , °С: 1 — 15, 2 — 25, 3 — 5, 4 — 15, 5 — 25; б —  $\Delta T=15$  °С;  $I_n$ , мкА: 1 — 80, 2 — 55, 3 — 35, 4 — 22.

от тока луча  $I_x$  (а), времени нагрева  $t_n$  (б) при различных толщине пленки, величине поля записи и значении  $\Delta T = T_c - T_0$ . Как следует из полученных результатов, пленки позволяют регистрировать информацию как в цифровом, так и в аналоговом видах. В последнем случае интенсивность электронного луча модулируется в соответствии с амплитудой записываемого сигнала, а информация об амплитуде заключается в размере нагретой (и соответственно перемagnetиченной) зоны. При этом основная причина ограничения скорости термомагнитной регистрации заключается в относительно низкой чувствительности пленок. Результаты исследований показали, что чувствительность сред резко возрастает с уменьшением величины  $\Delta T$ . Например, значениям  $\Delta T$ , равным 15, 25 и 35 °С, для пленок с  $h=1.8$  мкм отвечает чувствительность  $\Phi=0.042$ , 0.08 и 0.14 Дж/см<sup>2</sup>. Однако при этом плотность записи падает. Так, если для  $\Delta T=35$  °С и  $d_{0.5}=15$  мкм минимальный диаметр элемента регистрации  $D_{\min}$  составляет 2.2 мкм, то для  $\Delta T=5$  °С  $D_{\min}=5$  мкм.

С увеличением толщины феррит-гранатовой пленки требуемая энергия записи возрастает практически пропорционально  $h$ . Это связано прежде всего с особенностями процесса образования «зародыша» и движения стенки формируемого домена [6]. На основании полученных экспериментальных результатов и теоретического анализа динамики тепловых процессов в объеме мишени, проведенного по модели, разработанной в [7], можно сделать вывод, что для исследуемых сред и действующих полей записи требуемая глубина прогрева до  $T = T_c$  составляет 0.45—0.5  $h$  при  $H_0 = 24$  Э и 0.27—0.32 при  $H_0 = 120$  Э.

В процессе исследований отмечалось возрастание шумов записи при уменьшении энергии нагрева и соответственно размера формируемого домена. Это выражалось в случайном характере переключения доменной структуры в области малых температур. Для пленок с отрицательным ТЗКС шумовая площадь  $S_{ш}$  в среднем составляет 7, 1.2, 0.5 и 0.1 % от основной при размерах доменов соответственно 4, 10, 14 и 18 мкм. В этом отношении выгодно отличаются пленки с положительным градиентом ТЗКС. Здесь, как правило,  $S_{ш}$  меньше в 2—3 раза.

Исследование реверсивных характеристик сред показало отсутствие каких-либо деграционных явлений в магнитных и магнитооптических параметрах пленок при выполнении  $10^8$  циклов записи.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о перспективности создания на основе исследованных коэрцитивных эпитаксиальных пленок Vi-замещенных гранатов приборов с электронно-лучевой адресацией для систем оптико-электронной обработки и хранения больших массивов информации. С учетом реальных ограничений параметров электронно-лучевых устройств скорость и плотность записи будет не хуже полученных на этапе предварительных исследований —  $3 \times 10^7$  бит/с,  $4 \times 10^6$  бит/см<sup>2</sup>.

### Список литературы

- [1] Рандошкин В. В., Червоненкис А. Я. // Радиоэлектроника. 1985. № 2. С. 11—78.
- [2] Балбашов А. М., Лисовский Ф. В., Раев В. К. и др. Элементы и устройства на цилиндрических магнитных доменах. Справочник / Под ред. Н. Н. Евтихьева, Б. Н. Наумова. М.: Радио и связь, 1987. 488 с.
- [3] Inoue E., Iton A., Kawanishi K. // J. Appl. Phys. 1980. Vol. 19. N 11. P. 2105—2114.
- [4] Глушенко В. Н., Дереновский М. В., Лысак В. В. // Автометрия. 1986. № 2. С. 108—110.
- [5] Антонов А. В., Гусев М. Ю., Неустров Н. С., Потапова В. А. // Тез. докл. XI Всесоюз. школы-семинара «Новые магнитные материалы микроэлектроники». Ташкент, 1988. Ч. 2. С. 310.
- [6] Рудяк В. М. Процессы переключения в нелинейных кристаллах. М.: Наука, 1986. 243 с.
- [7] Лысак В. В. // ЖТФ. 1986. Т. 56. Вып. 8. С. 1626—1630.

Киевский политехнический институт

Поступило в Редакцию  
16 января 1990 г.