

## ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЕ ЯЧЕЕК СО СНИЖЕННОЙ НАМАГНИЧЕННОСТЬЮ, ПОДВЕРГНУТЫХ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

А. Н. Ануфриев, А. В. Маркялис

В последнее время большое внимание уделяется разработке запоминающих устройств (ЗУ) с магнитооптической обработкой информации, позволяющих проводить параллельную выборку больших массивов данных. Одним из элементов таких ЗУ является магнитооптический транспарант, формирующий светоконтрастную картину вводимой информации. Основой транспаранта является матричная ячеистая структура, выполненная на базе эпитаксиальной феррит-гранатовой магнитной пленки. Ячейки транспаранта представляют собой монодоменные области в пленке, имеющие два устойчивых состояния, различающиеся направлением намагниченности. Перемагничивание ячеек осуществляется с помощью системы управляющих

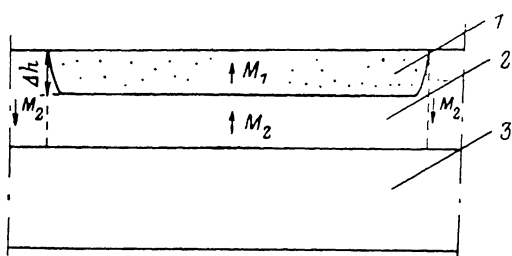


Рис. 1. Ячейка со сниженной намагниченностью.

1 — слой со сниженной намагниченностью, 2 — базовый слой ячейки, 3 — немагнитная подложка (стрелками указано направление намагниченности в ячейке).

напыленных проводников. Развязка ячеек осуществляется путем вытравливания канавок в пленке или снижением намагниченности в ячейке путем отжига под слоем SiO. Ячейки со сниженной намагниченностью [1] можно условно представить в виде многослойной структуры (рис. 1), где верхний слой ячейки 1 обладает изменяющейся по толщине намагниченностью  $M_1$ , меньшей по величине намагниченности базового слоя пленки  $M_2$ . В зависимости от режима диффузионного отжига, формирующего участки со сниженной намагниченностью, намагниченности слоев в ячейке могут относиться как 1 : 2—1 : 3, а толщина слоя 1 может составлять 1—3 мкм.

Поверхностный слой отожженной области обладает более рыхлой кристаллической структурой из-за образования вакансий по кислороду [2]. Такая структура ячеек предопределяет особенности динамики их перемагничивания. Перемагничивание ячеек в импульсных полях, близких по величине к эффективному полю анизотропии, осуществляется путем формирования торцевой доменной стенки у дна ячейки и ее движения к поверхности ячейки [3]. В малых импульсных полях (до 10 кА/м), которые использовались в данной работе, перемагничивание ячеек происходит путем движения боковой доменной границы (ДГ) из пленки, окружающей ячейку, через границу ячеек к их центру. При этом внутри ячейки формируется цилиндрический домен, который затем коллапсирует [4].

В данной работе исследовались ячейки  $\varnothing 135$  мкм, полученные диффузионным отжигом под слоем SiO пленки состава  $(\text{BiTm})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$  с параметрами: намагниченность насыщения  $M_s = 0.7$  кА/м, толщина  $h = 7.0$  мкм, поле анизотропии  $H_k = 53$  кА/м, полупериод доменной структуры  $w = 38$  мкм. На магнитную пленку напылялся слой монооксида кремния толщиной 400 Å. Методом фотолитографии из пленки SiO формировались круглые участки, по форме совпадающие с будущими ячейками. Магнитная пленка с участками SiO отжигалась при температуре 930 К в воздушной среде, в результате чего намагниченность пленки под участками монооксида кремния уменьшалась и приводила к формированию монодоменной ячейки. Параметры ячеек: толщина слоя со сниженной намагниченностью  $\Delta h \approx 1.5$  мкм,  $M_1/M_2 \approx 0.5$ , пороговое поле переключения  $H_n = 2.7$  кА/м, разброс пороговых полей переключения ячеек по матрице  $\delta H_n \approx 70$  %.

Имплантиция ячеистой структуры проводилась на ускорителе «Везувий-1» ионами гелия с энергией 150 кэВ и дозой  $D = 2 \cdot 10^{15} - 10^{16}$  см<sup>-2</sup>. Проективный радиус пробега ионов составлял  $\sim 0.65$  мкм.

Скорость ДГ в ячейках измерялась с помощью высокоскоростной фотографии. Пороговое поле переключения ячейки определялось на магнитооптической установке и соответствовало полю перемагничивания ячейки, т. е. полю перехода ячейки из одного устойчивого монодоменного состояния с намагниченностью «вниз» в другое с намагниченностью «вверх». Разброс

пороговых полей ячейек по матрице  $50 \times 50$  штук вычислялся как частное от деления разности максимального и минимального пороговых полей на среднее значение порогового поля ячейек.

Из результатов, приведенных на рис. 2, видно, что с ростом дозы внедренных ионов наблюдается некоторое снижение порогового поля ячейек. При дозах  $\sim 10^{16}$  см $^{-2}$  наблюдается

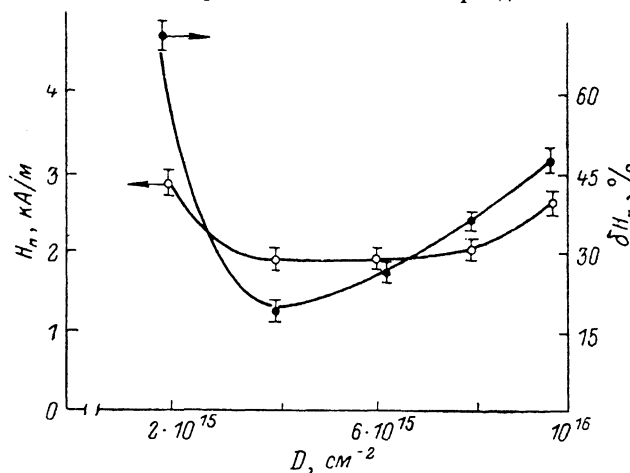


Рис. 2. Зависимость порогового поля переключения ячейки  $H_n$  и его разброса  $\delta H_n$  от дозы внедренных ионов.

возвращение порогового поля ячейек к исходной величине. Разброс порогового поля ячейек, определяющий надежность работы транспаранта, минимален при дозах  $4 \cdot 10^{15}$  см $^{-2}$ . Уменьшение порогового поля объясняется формированием у поверхности ячейистой структуры слоя с намагниченностью в плоскости, который снижает эффективную толщину слоя  $1 \Delta h$ , определяющего пороговые свойства ячейки. При этом уменьшается градиент магнитных характеристик, который преодолевает ДГ, проникая из окружающей пленки в ячейку, поскольку слой с намагниченностью в плоскости расположен вдоль всей поверхности пленки с ячейками. Минимальный разброс пороговых полей наблюдается при средних дозах имплантации, когда слой с плоскостной анизотропией уже сформировался, а механические напряжения в пленке еще не достигли своей предельной величины [5]. При этом наблюдается подавление «жестких» доменов и сужение интервала полей их коллапса, что приводит к снижению разброса пороговых полей ячейек, так как коллапс доменов, формируемых в ячейках при перемагничивании, является одной из стадий перемагничивания ячейек в малых импульсных полях.

Наличие слоя с намагниченностью в плоскости позволяет подавлять формирование динамических блоховских линий и повышать скорость насыщения ДГ (рис. 3). Видно, что скорость максимальна при дозе  $6 \cdot 10^{15}$  см $^{-2}$ , соответствующей предельной величине механических напряжений в имплантированном слое [5]. При дозе  $10^{16}$  см $^{-2}$  происходит резупорядочение кристаллической структуры пленки и частичная релаксация напряжений. Слой с намагниченностью в плоскости практически исчезает, что вызывает возвращение порогового поля ячейек к исходной величине и снижение скорости насыщения доменных границ. Появляются «жесткие» домены, разброс пороговых полей ячейек возрастает.

Из результатов работы видно, что ионная имплантация позволяет повышать быстродействие и надежность ячейистых структур, полученных методом локального снижения намагниченности. Наиболее оптимальными являются дозы имплантации, лежащие в интервале  $4 \cdot 10^{15}$ — $6 \cdot 10^{15}$  см $^{-2}$  при энергии ионов гелия 150 кэВ.

Авторы выражают благодарность В. П. Клину и Б. П. Наму за любезно предоставленные образцы структур.

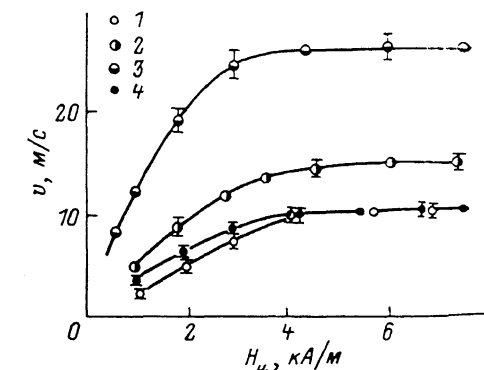


Рис. 3. Зависимость скорости ДГ в ячейке от величины импульсного перемагничивающего поля при различных дозах имплантации.

1 —  $2 \cdot 10^{15}$ , 2 —  $4 \cdot 10^{15}$ , 3 —  $6 \cdot 10^{15}$ , 4 —  $10^{16}$  см $^{-2}$ .

- [1] Клиш В. П., Нам Б. П., Павлов В. Т. и др. // Электронная техника Сер. Материалы 1981. Вып. 12 (161). С. 19—21.  
 [2] Малоземов А., Слонзуски Дж. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами. М.: Мир, 1982. 382 с.  
 [3] Губарев А. П., Рандошкин В. В., Сигагачев В. Б. и др. // ЖТФ. 1985. Т. 55. Вып. 7. С. 1393—1399.  
 [4] Ануфриев А. Н., Кожухарь А. Ю., Летюк Л. М. и др. // Электронная техника. Сер. Материалы. 1987. Вып. 1 (222). С. 24—27.  
 [5] Ануфриев А. Н., Бондарь С. А., Кожухарь А. Ю. и др. // ЖТФ. 1985. Т. 55. Вып. 5. С. 945—948.

Московский институт  
стали и сплавов

Поступило в Редакцию  
2 октября 1987 г.  
В окончательной редакции  
24 марта 1987 г.

05; 06; 07; 12

Журнал технической физики, т. 59, в. 2, 1989 г.

## ИОННЫЙ ОБМЕН В КРИСТАЛЛАХ СЕЛЕНИДА ЦИНКА

А. О. Александян, В. А. Ганьшин, Ю. Н. Коркишко, В. З. Петрова

Одним из перспективных направлений интегральной оптики является разработка интегрально-оптических устройств на единой подложке полупроводниковых соединений  $A^2B^6$  [1]. В настоящее время применяются два метода получения световодных монокристаллических слоев  $A^2B^6$ : 1) диффузия в монокристаллы  $A^2B^6$  из газовой фазы с образованием слоя твердых растворов переменного состава типа  $CdS_{1-x}Se_x$  [2],  $Cd_xZn_{1-x}Se$  [3],  $ZnS_{1-x}Se_x$  и др. [4]; 2) эпитаксиальный рост слоев  $A^2B^6$  на различных подложках [5].

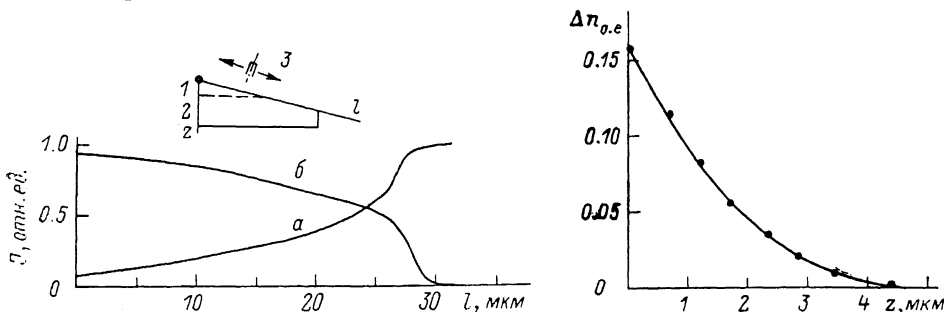


Рис. 1. Схема анализа и распределение относительной интенсивности рентгеновских сигналов, соответствующих цинку (а) и кадмию (б) по длине косоугольного шлифа.

1 — световодная область  $Cd_xZn_{1-x}Se$ , 2 — подложка  $ZnSe$ , 3 — микрозонд.

Рис. 2. Профиль показателей преломления обыкновенного и необыкновенного лучей в ионообменном  $Cd : ZnSe$  световоде.

Сплошная линия — функция вида (1),  $d=2.86$  мкм,

Нами установлена возможность протекания процесса ионного обмена  $Cd^{2+} \rightleftharpoons Zn^{2+}$  в кристаллах  $ZnSe$  в многокомпонентных расплавах солей, содержащих ионы  $Zn^{2+}$  и  $Cd^{2+}$ , при температурах ниже  $400^\circ C$ . В экспериментах использовались химически полированные пластины монокристаллов селенида цинка, выращенные из паровой фазы.

Для исследований использовались методы рентгеновского микроанализа по косому шлифу (установка РЭМ-100-У) и волноводно-оптического измерения эффективных показателей преломления (ЭПП), включая восстановление профиля показателя преломления (ППП) методом кусочно-линейной аппроксимации в ВКБ приближении с учетом одноосной распределенной анизотропии поверхностных слоев.

На рис. 1 представлены результаты исследований распределения элементов в поверхностной области кристалла. Необходимо отметить, что глубина анализируемой области сравнима