

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ В КОРОННОМ РАЗРЯДЕ НА ПАРАМЕТРЫ  
ЯЧЕЙСТЫХ СТРУКТУР ДЛЯ МАГНИТООПТИЧЕСКОГО  
ТРАНСПАРАНТА

А.Н. А н у ф р и е в, В.Г. К о с т и ш и н

Коронный разряд характеризуется многофакторностью воздействия на обрабатываемый объект. При коронном разряде наблюдается ультрафиолетовое излучение, озонация и ионизация воздуха. На поверхности обрабатываемого объекта адсорбируются ионы кислорода, в результате чего происходит окисление поверхности объекта и создание в нем сильных электростатических полей. Все эти факторы сказываются на оптических и магнитных характеристиках феррит-гранатовых пленок, на базе которых формируются ячейстые структуры для магнитооптических транспарантов.

Изменение параметров эпитаксиальных пленок в коронном разряде во многом определяется технологией их получения: степенью переохлаждения раствор-расплава и содержанием в нем свинца [1]. Обработка в коронном разряде приводит к росту поля анизотропии  $H_K$  и уменьшению температуры Кюри во всех типах исследуемых структур. При этом в пленках, выращенных при малых температурах и больших переохлаждениях из свинец-содержащих растворов-расплавов, наблюдается увеличение намагниченности насыщения  $M_S$  и поля коллапса  $H_0$ . В пленках, выращенных при больших температурах и малых переохлаждениях из свинец-содержащих растворов-расплавов,  $M_S$  и  $H_0$  при обработке в коронном разряде уменьшаются. Это наблюдается и в пленках, выращенных из бессвинцовых растворителей. Обработка в коронном разряде „просветляет” образцы с большим содержанием свинца по всему спектру, а с незначительным — в ближней ИК-области и обуславливает сильное дополнительное поглощение в бессвинцовых структурах в диапазоне длин волн 0.8–1.2 мкм.

В данной работе исследовалось воздействие коронного разряда на параметры ячеек, выполненных на базе пленки состава  $(BiTm)_3(FeGa)_5O_{12}$ , выращенной на подложке из гадолиний-галлиевого граната с ориентацией (111). Пленки выращивались при малых температурах и больших переохлаждениях из свинец содержащих растворов-расплавов. Ячеистая структура формировалась двумя методами: методом размерного травления пленки на определенную глубину [2] (образцы №№ 1 и 2) и методом локального снижения намагниченности [3] (образец № 3). При отжиге под пленкой  $SiO$  намагниченность в ячейке уменьшилась вдвое. Часть образца № 1 была имплантирована ионами гелия с энергией 50 кэВ и дозой  $2 \cdot 10^{15}$  см<sup>-2</sup>. Параметры образцов приведены в таблице.

Параметры исследуемых образцов

№ п/п	Размер ячейки, мкм	Пороговое поле перекл. ячейки $H_{п}$ , кА/м	Разброс порогового поля $\delta H_{п}$ , %	$\omega$ , мкм	$H_k$ , кА/м	$M_s$ , кА/м	$h$ , мкм
1	2	3	4	5	6	7	8
1	40x40	1.2	25	12	90	0.8	6.5
2	100	1.3	15	18	105	0.6	7.2
3	135	7.2	45	24	195	0.7	7.0

Примечание:  $\omega$  - полупериод полосовой доменной структуры,  $H_k$  - поле одноосной анизотропии;  $M_s$  - намагниченность насыщения;  $h$  - толщина феррит-гранатовой пленки.

Среднее значение порогового поля ячеек и его разброс определялись по матрице 15x15 ячеек.

Напряжение коронного разряда составляло 25 кВ, ток разряда поддерживался постоянным и составлял 200 мкА при площади коронирующего электрода равной 25 см<sup>2</sup>. Образец располагался под коронирующим электродом на металлической пластине, подсоединенной к положительной клемме высоковольтного источника питания. Обработка в коронном разряде велась при нормальных атмосферных условиях. Время выдержки варьировалось в пределах 0.5-60 часов. Параметры ячеистых структур измерялись магнитооптическим методом. В процессе измерений снимались кривые зависимости времени перемагничивания ячейки  $t_n$  от величины импульсного магнитного поля  $H_{и}$  при различных временах обработки в коронном разряде, а также зависимость импульсного порогового поля перемагничивания ячейки  $H_{ип}$  от длительности обработки в коронном разряде.

Исследование частично имплантированной пленки (образец № 1) показало, что как в имплантированной, так и в неимплантированной части структуры с ростом времени обработки в коронном разряде  $T_{обр}$  наблюдается рост порогового поля ячеек. Однако в имплантированной части рост порогового поля происходит более интенсивно. При этом общий ход кривых идентичен ходу зависимости  $H_{п} = f(T_{обр})$

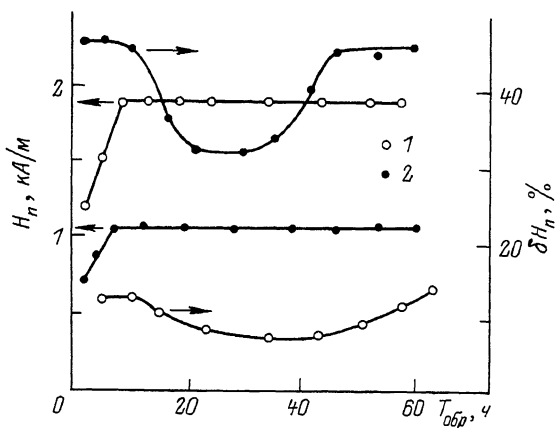


Рис. 1. Зависимость порогового поля ячеек  $H_{II}$  и величины его разброса  $\Delta H_{II}$  от времени обработки в коронном разряде  $T_{обр}$  для образцов: 1 - № 2; 2 - № 3.

для образцов №№ 2; 3 (см. рис. 1). Видно, что кривые выходят на насыщение при  $T_{обр}=5-10$  часам. Интересно отметить, что зависимость поля коллапса доменов в пленке от длительности обработки в коронном разряде ведет себя аналогично зависимости  $H_{II}=f(T_{обр})$ .

Величина разброса порогового поля ячеек имеет минимум при  $T_{обр}=20-30$  часов. У ячеек, полученных методом снижения намагниченности (см. рис. 1), минимум выражен более ярко.

Обработка в коронном разряде приводит к сдвигу динамических кривых  $\tau_n=f(H_{II})$  (см. рис. 2). При этом у ячеек, полученных методом снижения намагниченности, при  $T_{обр}=65$  и 20 часам, наблюдается снижение времени перемагничивания в малых импульсных полях (до 3.2 кА/м).

Исследования величины импульсного порогового поля переключения ячеек показали, что его зависимость от длительности обработки в коронном разряде имеет сложный характер и идентична зависимости  $H_K=f(T_{обр})$  (см. рис. 3). Интересно отметить, что минимальное время переключения ячеек в малых полях наблюдается при минимуме  $H_K$ , реализующимся при  $T_{обр}=20$  часам.

При  $T_{обр}=30$  часам наблюдается повышение коэрцитивности ячейистой структуры, что сопровождается образованием крупных доменов с рваными краями. При этом импульсное пороговое поле переключения ячеек достигает своей максимальной величины.

Анализируя полученные данные, можно предположить, что исследуемые явления обусловлены диффузией ионов кислорода в поверхность ячейистой структуры. При этом на первом этапе обработки ячейистой структуры в коронном разряде наблюдается „залечивание”

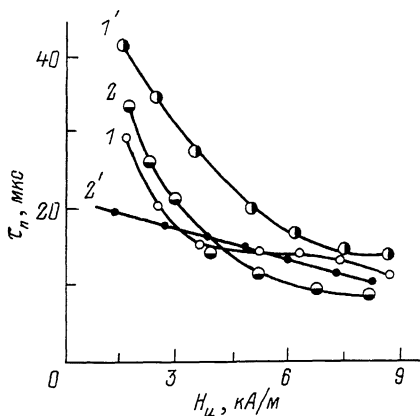


Рис. 2. Зависимость времени переключения ячейки  $\tau_n$  от величины импульсного перемещающего поля  $H_{И}$  при различных временах обработки образцов в коронном разряде: № 2: 1 -  $T_{обр}=0$  ч; 1 - 20 ч. № 3: 2 -  $T_{обр}=0$  ч; 2 -  $T_{обр}=20$  ч.

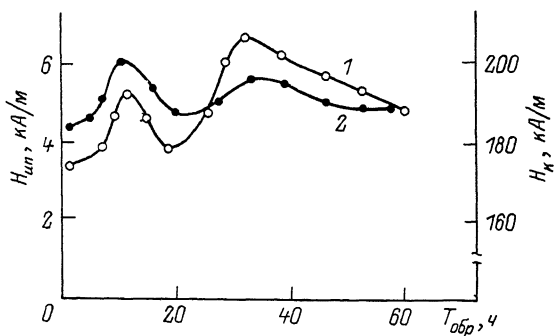


Рис. 3. Зависимость импульсного порогового поля перемещения ячейки  $H_{ИП}$  и поля одноосной анизотропии  $H_k$  от времени обработки в коронном разряде  $T_{обр}$  для образца № 3 при длительности перемещающего импульса  $\tau_{И} = 15$  мкс.

дефектов в пленке (0–7 часов), что сопровождается ростом поля коллапса, намагниченности насыщения пленки и порогового поля переключения ячейки. На втором этапе (7–20 часов) происходит изменение механизма зарядовой компенсации в пленке, что подтверждается появлением ионов  $Fe^{4+}$  по данным эффекта Мёсбауэра [1].

Можно предположить, что замещение  $Fe^{3+}$  на  $Fe^{4+}$  в октаэдрической или тетраэдрической подрешетках приводит к уменьшению температуры Кюри структуры, обнаруженному экспериментально. В пленках, полученных при высоких температурах роста и малых переохлаждениях,  $Fe^{4+}$  входит, преимущественно, в октаэдрическую подрешетку и вызывает уменьшение намагниченности насыщения, а в пленках, полученных при низких температурах роста и больших переохлаждениях – в тетраэдрическую, вызывая увеличение  $M_s$ .

Мёсбауэровские исследования монокристаллических образцов  $Y_3Fe_5O_{12}$ , обработанных в коронном разряде, показывают, что кроме появления ионов  $Fe^{4+}$  происходит также перераспределение ионов железа по подрешеткам: в тетраэдрической подрешетке появляется дополнительное число вакансий, а интенсивность одного из секстиплетов октаэдрической подрешетки увеличивается. То есть, для ионов  $Fe^{4+}$  более предпочтительнее оказываются октаэдры [4].

Дальнейшая обработка в коронном разряде, возможно, приводит к смещению редкоземельных ионов в пределах элементарной ячейки и изменению поля анизотропии пленки.

Более сильный рост порогового поля ячеек в имплантированной части структуры можно объяснить облегченной диффузией ионов кислорода в пленку, „разрыхленную“ внедренными ионами.

Авторы благодарны А.В. Маркялису и Г.А. Зубаускасу за проведение ионной имплантации структур.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] К о с т и ш и н В.Г., Л е т ю к Л.М., А н у ф р и е в А.Н. и др. В сб.: Тезисы докладов XI Всесоюзной школы–семинара „Новые магнитные материалы микроэлектроники“. Ташкент, 1988 г., с. 17–18.
- [2] К л и н В.П., Н а м Б.П., С о л о в ь е в А.Г. и др. // Электронная техника, сер. Материалы. 1981. В. 5 (154). С. 20–22.
- [3] К л и н В.П., Н а м Б.П., П а в л о в В.Т. и др. // Электронная техника, сер. Материалы. 1981. В. 12 (161). С. 19–21.
- [4] Ш и п к о М.Н., К о с т и ш и н В.Г., Л е т ю к Л.М. и др. В сб.: Научные труды Гиредмета, 1988 г., № 145, с. 30–36.

Поступило в Редакцию  
17 апреля 1989 г.