

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ И ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОНКИХ ЖИГ ПЛЕНОК ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПУЧКА ИОНОВ КИСЛОРОДА

А.П. Г е с ь, А.И. Д е м ч е н к о,
А.И. С т о г н и й, В.В. Т о к а р е в,
В.В. Ф е д о т о в а, Т.М. П я т к о в а

Метод ионной имплантации является среди ионно-лучевых методов обработки материалов наиболее исследованным и распространенным при решении задач по изменению свойств тонких пленок магнитодиэлектриков [1]. Известно, что имплантация пленок феррит-гранатов ионами инертных газов энергией ~ 100 кэВ вызывает образование нарушенного слоя толщиной ~ 0.1 мкм и приводит к увеличению постоянной кристаллической решетки и к росту, особенно в нарушенном слое, оптического поглощения [2, 3]. Относительно низкоэнергетичных ионов (~ 1 кэВ) инертных газов принято считать, что их воздействие ограничивается поверхностным слоем толщиной ~ 0.01 мкм и не приводит к существенным объемным изменениям.

В данной работе показано, что облучением поверхности ЖИГ пленок толщиной до 10 мкм положительными ионами кислорода энергией 1 кэВ и дозой $\sim 10^{18}$ ион/см² достигается уменьшение постоянной кристаллической решетки, повышение совершенства кристаллической структуры и снижение величины оптического поглощения.

Для обработки образцов использовалась ионно-лучевая установка, включающая вакуумную часть на базе установки УВН-71 М, широкоапертурный источник ионов с холодным полым катодом [4], водоохлаждаемый держатель образцов и подвижную диафрагму для экспонирования различных участков пленки. Кислород подавался через источник ионов после достижения давления $\sim 10^{-3}$ Па, рабочее давление не превышало $3 \cdot 10^{-2}$ Па. Пучок имел энергию 1 кэВ, плотность тока 0.45 мА/см², относительное содержание $O_2^+ / O^+ \approx 3$, площадь сечения 90 см², неравномерность плотности тока на этой площади менее 3%. В качестве облучаемых образцов использовались монокристаллические пленки $Y_3Fe_5O_{12}$, выращенные методом жидкофазной эпитаксии на подложках гадолиний-галлиевых гранатов ориентацией [111]. Расстояние от источника ионов до подложки составляло 200 мм. Длительность облучения задавалась временем набора требуемой дозы.

Измерения постоянной кристаллической решетки пленки a , проведенные методом рентгеноструктурного анализа, показали, что

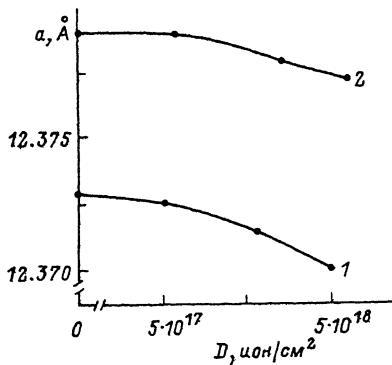


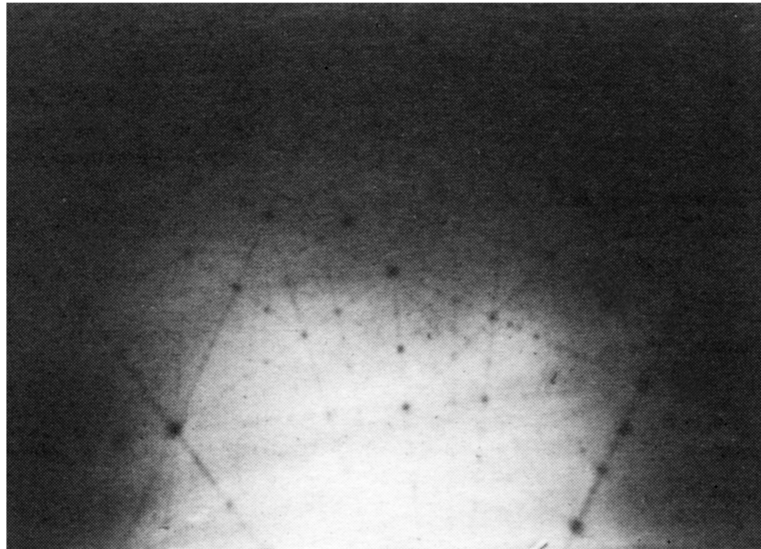
Рис. 1. Зависимость постоянной кристаллической решетки a от дозы облучения D ЖИГ пленок толщиной 4.1 мкм (кривая 1) и 7.3 мкм (кривая 2).

с увеличением дозы облучения D происходит уменьшение a , причем наиболее существенно для $D \approx 10^{18}$ ион/см². На рис. 1 приведены характерные зависимости a от величины D (кривая 1 для пленки

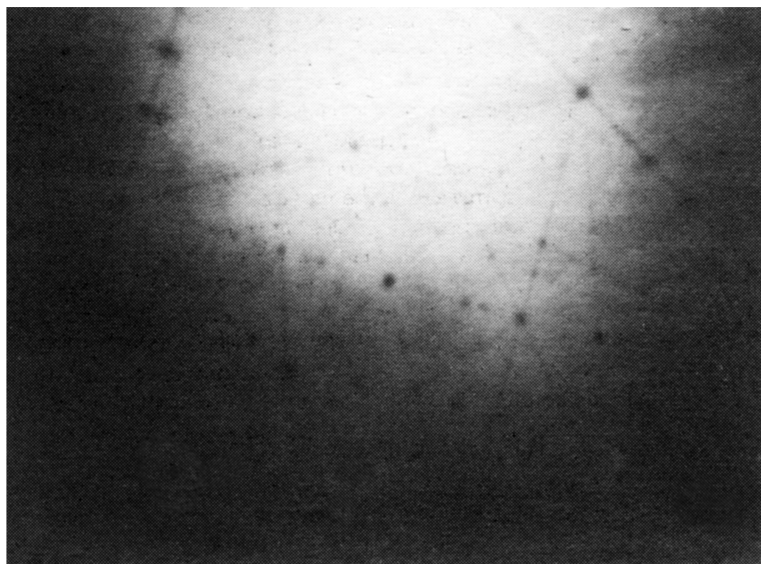
толщиной 4.1 мкм, а 2 - 7.3 мкм). Одновременно с увеличением D на рентгенограммах наблюдается сужение пиков отражений при практической неизменности их интенсивностей. Последнее свидетельствует об улучшении кристаллической структуры с ростом D .

Наличие более совершенной кристаллической структуры у облученных участков ЖИГ пленок подтверждается более четкой картиной теней на протонграммах, которые представлены на рис. 2. Для сравнения приведены протонграммы от облученных и необлученных участков пленки толщиной 4.8 мкм ($a-D = 2 \cdot 10^{18}$ ион/см², б - $D = 0$).

Детальную картину структурных изменений, происходящих при облучении ионами кислорода с большими дозами, дают спектры обратного резерфордского рассеяния (ОРР) и каналирования протонов с энергией 600 кэВ от ЖИГ пленок. На рис. 3 приведены спектры каналирования вдоль кристаллографической оси [111] от облученной (кривая 1, $D = 2 \cdot 10^{18}$ ион/см²) и необлученной (кривая 2) частей пленки толщиной 4.8 мкм. Наличие пиков на кривой 1, соответствующих Y и Fe , обусловлены образованием в результате бомбардировки поверхности ионами кислорода нарушенного слоя толщиной ~ 100 Å, которая оценивается по ширине пиков. Отношение площадей пиков, соответствующих Y и Fe , говорит о соотношении этих элементов, близком к исходному. Пик кислорода, как более легкого элемента является менее выраженным. Для его выделения проводилось облучение пленки ионами аргона с близкими параметрами к облучению ионами кислорода. При этом было показано, что облученный кислородом участок обогащен им в поверхностном слое более чем в два раза по сравнению с исходным. Отношение спектров каналирования и ОРР, характеризующее совершенство кристаллической структуры, составляет для исходной пленки 0.076, а для облученного участка, измеренное непосредственно за нарушенным слоем - 0.09. Спектры каналирования имеют точку пересечения, после которой кривая 1 проходит ниже кривой 2. Это указывает на то, что начиная с глубины ~ 1000 Å, облученный участок имеет более совершенную кристаллическую структуру, чем необлученный.



a



б

Рис. 2. Протонограммы ЖИГ пленки толщиной 4.8 мкм (2, а - $D=2 \cdot 10^{18}$ ион/см²; 2, б - $D=0$).

Одновременно проводился элементный анализ Y и Fe по поверхности и торцам ЖИГ пленки до и после облучения методом электронно-зондового микроанализа. Его результаты свидетельствуют о том, что происходящие структурные изменения не вызывают изменений в элементном составе по Y и Fe . Однако чувствительность этого метода, как и ОРР, не исключает наличия на по-

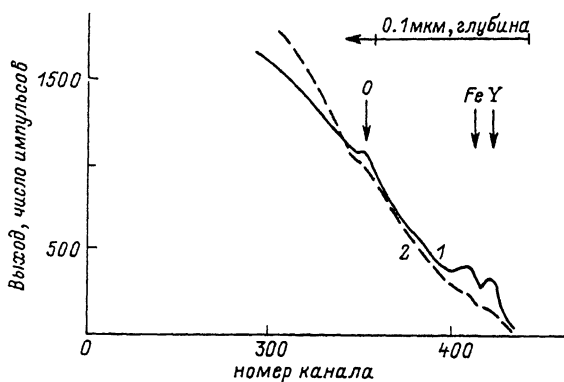


Рис. 3. Спектры каналирования вдоль оси $[111]$ для ЖИГ пленки толщиной 4.8 мкм (кривая 1 - $D = 2 \cdot 10^{18}$ ион/см²; 2 - $D = 0$).

верхности облученного участка слоя толщиной $\sim 10 \text{ \AA}$ нестехиометрического состава. Образование этого слоя может происходить в результате эффекта преимущественного распыления поверхности [5], скорость распыления которой не превышает $0.4 \text{ \AA}/\text{с}$.

Выше представленные результаты позволяют установить следующую картину взаимодействия низкоэнергетического пучка ионов кислорода с ЖИГ пленкой. Ионы кислорода дозой $\sim 10^{18}$ ион/см², проникая на глубину $\lesssim 100 \text{ \AA}$, создают концентрацию кислорода, сравнимую с исходной. В результате образуется структурно-нарушенный слой, обогащенный кислородом и без изменений по Y и Fe , толщиной $\sim 100 \text{ \AA}$ (не исключено отклонение от стехиометрии в слое $\sim 10 \text{ \AA}$), и происходит, начиная с глубины $\sim 1000 \text{ \AA}$, улучшение кристаллической структуры и уменьшение постоянной решетки.

Наряду со структурными изменениями наблюдается уменьшение поглощения оптического излучения на облученных участках ЖИГ пленок. Уменьшение поглощения оптического излучения возрастает с увеличением дозы, причем наиболее существенно в участках спектра с относительно большой прозрачностью в интервале между длинами волн 0.6 и 0.8 мкм и в „окне прозрачности” свыше 1.1 мкм, где уменьшения в спектре поглощения достигают 20%.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Г а б о в и ч М.Д., П л е ш и в ц е в Н.В., С е м а ш к о Н.Н. Пучки ионов и атомов для управляемого термоядерного синтеза и технологических целей. М.: Энергоатомиздат, 1986. 324 с.
- [2] Э ш е н ф е л ь д е р А. Физика и техника цилиндрических магнитных доменов. М.: Мир, 1983. 496 с.

- [3] З в е з д и н А.К., К о т о в В.А. Магнитооптика тонких пленок. М.: Наука, 1988. 192 с.
- [4] С т о г н и й А.И., Т о к а р е в В.В. // ПТЭ. 1990. № 3. С. 142-144.
- [5] Распыление твердых тел ионной бомбардировкой. В. 11 / Под ред. Р. Бернша. М.: Мир, 1986. С. 488.

Институт физики
 твердого тела и полупроводников
 АН БССР, Минск

Поступило в Редакцию
 15 ноября 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 1

12 января 1991 г.

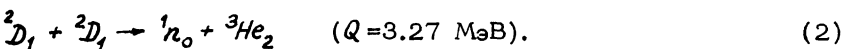
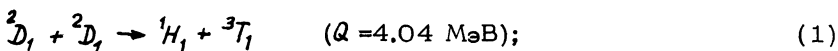
04; 05, 1

© 1991

ИЗОТОПНЫЙ АНАЛИЗ ВОДОРОДА КВАДРУПОЛЬНЫМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРОМ ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ ДЕЙТЕРИЯ В ТИТАН

Н.В. К о н е н к о в, С.С. С и л а к о в,
 Г.А. М о г и л ь ч е н к о

В работе [1] сообщается о наблюдении продуктов ядерных реакций дейтерия (D) в процессе имплантации ионов в титан:



Вывод о наличии реакций (1) и (2) основывался на регистрации в масс-спектре пиков с массовыми числами $M=3$ и $M=6$. Пик с массовым числом $M=3$ идентифицировался с изотопом гелия 3He , а с $M=6$ - с молекулой трития T_2 . Использование для масс-анализа продуктов реакций (1) и (2) монополюсного масс-спектрометра с низкой разрешающей способностью не позволяет однозначно установить 3He и 3T из-за интерференции масс-продуктов плазменных реакций, например, для $M=3$ - $({}^3He, {}^3T)^+$, HD^+ и H_3^+ , $M=6$ - T_2^+ , D_3^+ , ${}^{12}C^{++}$.

В таблице представлены вероятные ионы - продукты плазмохимических реакций, когда используется титановый магниторазрядный