

УДК 537.622.4 + 543.253

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА VI-СОДЕРЖАЩИХ ФЕРРИТ-ГРАНАТОВЫХ ПЛЕНОК С АНИЗОТРОПИЕЙ ТИПА "УГЛОВАЯ ФАЗА"

Прокопов А. Р.¹, Недвига А. С.¹, Сурова Н. А.²

Представлены результаты экспериментальных исследований послойного изменения физико-химических свойств феррит-гранатовых пленок. Показана связь неоднородности химического состава с магнитной неоднородностью по толщине пленки.

Ключевые слова: ЭПФГ, неоднородность, полярография, магнитная восприимчивость

Висмут-содержащие эпитаксиальные пленки феррит-гранатов (ЭПФГ) с магнитной анизотропией, отличной от одноосной, используются в настоящее время в устройствах магнитной дефектоскопии, визуализации и топографирования пространственно-неоднородных магнитных полей, пространственно-временной модуляции света [1].

Исследованию физических свойств таких ЭПФГ практически не уделялось внимания. Обнаружение новых, не свойственных ЭПФГ с одноосной анизотропией явлений, как, например, аномальное поведение низкочастотной магнитной восприимчивости [2] стимулировало проведение таких работ.

В настоящей работе представлены результаты послойного исследования физико-химических свойств Vi-содержащих ЭПФГ состава $(\text{BiLiCa})_3(\text{FeGe})_5\text{O}_{12}$ с анизотропией типа "угловая фаза" [3].

ЭПФГ выращивались методом жидкофазной эпитаксии на монокристаллических подложках из гадолиний-галлиевого граната (ГГГ) ориентации (111). Толщина пленок определялась интерферометрическим методом. Послойное травление пленки производилось в разбавленной серной кислоте при температуре 120 °С. При снятии слоев ЭПФГ нерабочая сторона подложки покрывалась клеем "Гермесил", который не растворяется в неорганических кислотах и исключает попадание в пробу элементов подложки.

Неоднородность состава пленки по толщине определялась путем послойного химического анализа полярографическим методом на вольтамперометрической компьютеризированной установке.

Содержание висмута и железа, оказывающих наибольшее влияние на магнито-оптические свойства ЭПФГ, определялось в режиме переменноточковой полярографии с амплитудой прямоугольного переменного напряжения 10 мВ в растворах травления на фоне 0,1 моль/л тартрата натрия. Использовалась трехэлектродная ячейка: рабочий ртутный капаящий электрод с периодом капания 3,0 с; вспомога-

¹ КБ "Домен" при ТНУ, E-mail domain@home.cris.net

² Таврический экологический институт

тельный платиновый электрод; электрод сравнения -- насыщенный хлорсеребряный.

Магнитооптические характеристики ЭПФГ определялись магнитооптическим [4] и индуктивно-частотным методами [5].

На рис. 1 представлены полученные результаты послойного распределения висмута и железа.

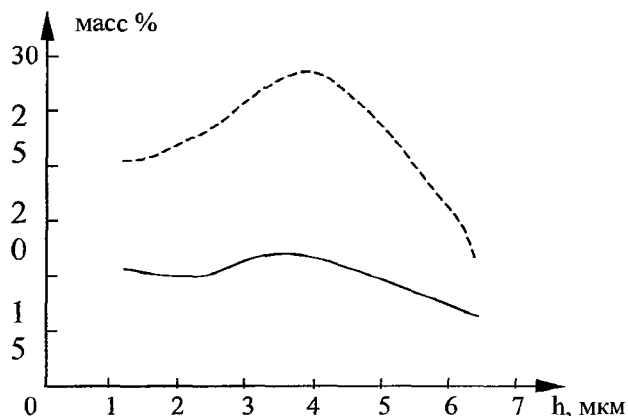


Рис. 1. Распределение Bi(III) (-) и Fe(III) (---) по толщине в ЭПФГ

Хорошо видно, что ЭПФГ состоит как бы из трех слоев. Слой подложка-пленка (ПП) и пленка-воздух (ПВ), обедненные (в разной степени) ионами железа и висмута, и центральный слой, обогащенный этими элементами. Причем, содержание этих элементов в слоях имеет существенный разброс (например, для железа ПП -- 20 масс %, центральный слой -- 28 масс %, ПВ -- 13 масс %).

Известно, что изменение состава пленки по толщине приводит как к локальному изменению свойств, так и к влиянию на интегральные магнитооптические характеристики, в частности, на коэрцитивную силу и подвижность доменных границ, намагниченность, величину удельного фарадеевского вращения.

В таблице приведены статические характеристики ЭПФГ, использовавшихся для исследования изменения химического состава по толщине.

Таблица 1 - Статические характеристики Bi -содержащей ЭПФГ

Номер образца	h , мкм	H_0 , Э	H_1 , Э	w_1 , мкм	w_2 , мкм	w_3 , мкм	H_c , Э	H_s , Э	α , °
1	6,46	150	506	4,0	3,0	2,5	0,6	55	2,0
2	4,32	175	550	3,0	2,0	1,5	0,6	50	1,2
3	3,26	-	584	-	-	-	1,5	35	0

h -- толщина ЭПФГ; H_0 и H_1 -- поля нормализации вектора намагниченности для двух, отличающихся по магнитным свойствам, слоев пленки; w_1 , w_2 , w_3 -- периоды наблюдающихся полосовых магнитных доменов; H_s -- поле насыщения в

плоскости пленки; H_c -- коэрцитивная сила; α -- угол выхода оси легкого намагничивания из плоскости пленки; № 1 -- исходная ЭПФГ; № 2 и № 3 -- пленки после стравливания соответствующей толщины слоев исходной ЭПФГ.

Нами наблюдалась хорошая корреляция между результатами, полученными при помощи химического анализа и с помощью неразрушающих физических измерений [4,5]. Воздействие на ЭПФГ магнитного поля H , направленного вдоль нормали к поверхности образца, приводит к тому, что при некотором значении поля H происходит поворот вектора намагниченности M , в результате которого вектор M ориентируется по полю H (спин-переориентационный переход, индуцируемый магнитным полем). Этот процесс отражается на графике полевой зависимости дифференциальной восприимчивости в виде характерного пика. В случае если ЭПФГ состоит из нескольких слоев, вектора намагниченности в которых ориентируются вдоль магнитного поля при разных значениях H , на графике будут присутствовать несколько пиков. На графиках, полученных индуктивно-частотным методом [5], для исходного образца толщиной 6,46 мкм, намагничиваемого в нормаль к плоскости, присутствуют два пика (в полях 150 и 506 Э), соответствующие двум слоям ЭПФГ, отличающимся своими магнитооптическими характеристиками.

Однако, при небольшом отклонении направления намагничивания от нормали пик, возникающий в полях 506 Э, расщепляется на два пика. Это говорит о том, что существуют два слоя со сходными характеристиками и отличающиеся малыми расхождениями в углах выхода вектора намагниченности из плоскости.

Нижний слой (ПП) обладает анизотропией типа "легкая плоскость". Доменная структура в нем состоит из больших, однородно намагниченных областей с размерами более 100 мкм. Верхний слой (ПВ) также обладает анизотропией типа "лёгкая плоскость", что следует из практического равенства полей нормализации слоёв ПП и ПВ, а также из сходства химического состава этих слоёв.

В среднем слое реализуется ситуация, при которой вектор намагниченности значительно выходит из плоскости образца и формируется полосовая доменная структура.

Наличие слоёв с различным типом магнитной анизотропии и связь их между собой за счет магнитодипольного взаимодействия приводят к возникновению между каждыми однородно намагниченными областями слоёв ПП и ПВ "своей" полосовой доменной структуры с периодом от 1 до 4 мкм в среднем слое.

Изменение величин полей нормализации, периодов доменной структуры можно объяснить изменением вклада слоёв исследуемого образца в магнитодипольное взаимодействие, обусловленное изменением толщины слоёв по мере их стравливания.

Проведённые исследования показали, что синтезированные ЭПФГ с анизотропией типа "угловая фаза" обладают неоднородностью химического состава и магнитной неоднородностью по толщине. При этом слои ПП и ПВ схожи по характеристикам. Само наличие слоистости можно объяснить процессами диффузии в граничном слое подложка -- раствор-расплав, кинетикой роста пленки в начальный период и "деградацией" раствора-расплава в процессе роста ЭПФГ.

Неоднородность магнитных свойств по толщине ЭПФГ играет, по всей вероят-

ности, решающую роль в процессах намагничивания определяет характер аномального поведения магнитной восприимчивости.

Список литературы

1. Вишневский В.Г., Дубинко С.В., Левый С.В. и др., Магнитооптические преобразователи в устройствах анализа сигналов // Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления (Датчик-98): Сб. матер. X Юбилейной науч.-техн. конф. Гурзуф, май 1998 г. - М.,: МГИЭМ, 1998. - Т.1. - С.289-291.
2. Прокопов А. Р., Дубинко С.В., Хребтов А.О., Еремина М.И. Особенности магнитоиндуцированного спин-пересориентационного перехода в феррит-гранатовых пленках с анизотропией "угловая фаза" // ФТТ. - 1997. - Т.39, N 8. - С.1415-1420.
3. Прокопов А.Р., Недвига А.С. Синтез Bi-содержащих феррит-гранатовых плёнок с анизотропией типа "угловая фаза" и "лёгкая плоскость" // Учёные записки Симферопольского государственного университета. - Симферополь, 1998. - N 7 (46). - С.199-201.
4. Бурый Ю.А., Пронина Н.В., Шапошников А.Н. Особенности процесса перемангничивания плёнок $(YbPrGd)_{3-x}Bi_x(FeAl)_5O_{12}$ // ФТТ. - 1988. - Т.30, вып.7. - С.1984-1988.
5. Барьяхтар Ф.Г., Хребтов А.О., Савуцкий А.И. Метод изучения доменной структуры в эпитаксиальных феррит-гранатовых пленках: Препринт / ДонФТИ АН УССР; ДонФТИ - 86 - 1(109). - Донецк, 1986. - 62 с.
6. А.с. 1693519 СССР, МКИ G01N27/48. Способ определения содержания компонентов феррит-гранатовых слоев / Сурова Н.А., Каменев А.И., Грошенко Н.А. -- Оpubл. 23.11.91, Бюл. № 43.

Анотація

Прокопов, А. Р., Недвига, О. С., Сурова, Н. А. Фізико-хімічні властивості ферит-гранатових плівок із вмістом Bi // Uchenye zapiski TNU, 2000,

Наведено результати експериментальних досліджень поширової зміни фізико-хімічних властивостей ферит-гранатових плівок. Показано зв'язок неоднорідності хімічного складу з магнітною неоднорідністю по товщині плівки.

Ключові слова: ЕПФГ, неоднорідність, полярографія, магнітна сприйнятливість

Summary

Prokopov, A.R., Nedviga, A.S. and Surova, N.A. Physical-chemical properties of Bi-substituted garnet ferrite films //

Results of experimental investigations in sublayer modifying of physical-chemical properties of garnet-ferrite films are given. Connection between chemical composition nonuniformity and magnetic nonuniformity in film thickness is shown.

Keywords: nonuniformity, polarography, magnetic susceptibility