

УДК 539.23:621.382.8

ВИРОЩУВАННЯ ЕПІТАКСІЙНИХ ФЕРОГРАНАТОВИХ ПЛІВОК З СУБМІКРОННИМИ ЦИЛІНДРИЧНИМИ МАГНІТНИМИ ДОМЕНАМИ

Д. т. н. С. І. Юшук, к. ф.-м. н. С. О. Юр'єв, к. ф.-м. н. С. П. Дубельт,
к. ф.-м. н. В. І. Лобойко

Національний університет «Львівська політехніка»

Україна, м. Львів

syurjev@mail.ru

Для зменшення швидкості росту монокристалічних плівок ферит-гранатів з ЦМД, покращення технологічності та відтворюваності їх магнітних параметрів запропоновано ферит-гранатову систему $\{YSmCaBi\}_3(FeGeSi)_5O_{12}$ та розчинник $PbO - Bi_2O_3 - MoO_3$, що дозволило отримати якісні бездефектні плівки з ЦМД діаметром 0,85...3,0 мкм та значеннями напруженості полів одновісної магнітної анізотронії 1800—3150 Е та температури Кюрі 483—513 К.

Ключові слова: ферит-гранатові плівки, вирощування, циліндричні магнітні домени

Монокристалічні плівки ферит-гранатів (МПФГ) знаходять широке застосування у приладах надвисокої частоти, запам'ятовуючих пристроях (ЗП) на циліндричних магнітних доменах (ЦМД), сенсорах магнітного поля тощо. Плівки вирощують методом рідкофазної епітаксії з розчинів-розплавів феритоутворюючих оксидів. При швидкості росту плівок 1—3 мкм/хв для вирощування МПФГ товщиною приблизно 1 мкм потрібно 20—60 с, причому біля 30% цього часу триває нестационарний процес формування кристалічної решітки. Тому для покращення технологічності вирощування, а отже і якості ферит-гранатових плівок з ЦМД мікронних і субмікронних розмірів, потрібно суттєво знижувати швидкість їх росту.

Нами проведено дослідження з метою визначення температурних режимів процесу вирощування і оптимальних складів феритоутворюючої шихти і розчинника, які забезпечили б малу швидкість росту і високу якість МПФГ.

Таблиця 1

Склад шихти для розчинів-розплавів при вирощуванні МПФГ з ЦМД діаметром 0,85...3,0 мкм

Вміст оксидів, мол. %	Склад шихти					
	А	Б	В	Г	Д	Е дані [1]
Y ₂ O ₃	0,110	0,115	0,136	0,157	0,160	0,318
Sm ₂ O ₃	0,005	0,010	0,028	0,046	0,056	0,055
Bi ₂ O ₃	6,600	8,880	7,755	6,630	8,900	—
CaCO ₃	0,300	0,310	0,535	0,760	0,770	2,365
Fe ₂ O ₃	8,800	11,245	10,045	8,845	11,255	10,068
SiO ₂	0,620	0,630	0,715	0,800	0,810	—
GeO ₂	0,500	0,510	1,480	2,450	2,500	1,972
MoO ₃	—	8,100	8,000	7,900	8,200	—
PbO	83,170	70,200	71,306	72,412	67,349	80,038
Lu ₂ O ₃	—	—	—	—	—	0,055
B ₂ O ₃	—	—	—	—	—	1,132

Плівки ферит-гранатів з загальною формулою $\{YSmCaBi\}_3 (FeGeSi)_5 O_{12}$ вирощували шляхом ізотермічного занурення монокристалічних підкладок з галій-гадолінієвого гранату (ГГГ) в перенасичений розчин-розплав феритоутворюючої шихти різного складу (табл. 1). Підкладки, які вирізали з монокристала ГГГ, мали форму дисків діаметром 76,2 мм і орієнтацію (111).

Дослідження структури і складу епітаксійних плівок виконували за допомогою електронного мікроскопа з рентгенівським мікроаналізатором "Comebax". Для вимірювання товщини ферит-гранатових плівок використовували оптичний інтерференційний метод. Всі інші параметри МПФГ з ЦМД вимірювали на спеціальному обладнанні.

Для отримання МПФГ з ЦМД діаметром від 1 до 3 мкм вирощують плівки складу $\{YSmCaBi\}_3 (FeGeSi)_5 O_{12}$ з використанням флюсу з суміші оксидів свинцю та бору. Однак ці плівки не повною мірою відповідають критеріям придатності для застосування в запам'ятовуючих пристроях на ЦМД.

На відміну від даних [1], наша шихта додатково містить оксиди SiO_2 , Bi_2O_3 та MoO_3 і не містить Lu_2O_3 та B_2O_3 . Як флюс було вибрано суміш $PbO - Bi_2O_3 - MoO_3$.

Таблиця 2

Характеристики процесу вирощування розчинів-розплавів шихти різного складу та деякі параметри вирощених з них МПФГ

Параметри	Склад шихти					
	А	Б	В	Г	Д	Е [1]
Температура насичення розчину-розплаву, К	1193	1151	1159	1189	1143	1260
Температура росту плівки, К	1188... 1143	1148... 1103	1153... 1108	1183... 1143	1138... 1108	1257... 1210
Швидкість росту плівки, мкм/хв	0,25...2,20	0,10...0,60	0,10...0,62	0,10...0,60	0,18...0,58	0,18...2,00
Товщина плівки, мкм	0,8...3,3	0,8...3,3	0,8...3,3	0,8...3,3	0,8...3,3	1,1...3,3
Півперіод доменної лабіринтної структури, мкм	0,8...3,3	0,8...3,3	0,8...3,3	0,8...3,3	1,1...3,3	1,1...3,3
Напруженість поля колапсу ЦМД, Е	500...150	500...150	500...150	500...150	500...150	331...170
Напруженість поля приведеної одноісної магнітної анізотропії, Е	2700... 1600	2800... 1800	3000... 1800	3150... 1880	3400... 2100	1642... 719
Намагніченість насичення, Гс	900...380	920...380	900...360	960...360	900...360	680...300
Фактор якості	3,0...5,2	3,1...5,2	3,3...5,7	3,5...6,2	3,8...6,8	1,5...4,73
Неузгодження параметрів підкладки і плівки, Å	+15...+10	+8...+5	+4...-1	+3...-5	+6...+10	-26...+9
Рухливість доменних стінок, м/(с·Е)	35...15	25...10	20...10	18...10	16...3,5	15...3,0
Температура Кюрі, К	479...511	483...511	483...513	483...511	489...515	469...486

Як видно з табл. 1, до складу розчинів-розплавів, що були використані для вирощування МПФГ, входили оксиди Y_2O_3 , Sm_2O_3 , Bi_2O_3 , $CaCO_3$, Fe_2O_3 , SiO_2 , GeO_2 , MoO_3 , PbO . Вирощування проводили з п'яти різних розчинів-розплавів, що відрізнялись відсотковим вмістом наведених оксидів. Зазвичай, для зниження температури плавлення шихти вибирають оксид бору B_2O_3 . Проведена нами заміна оксиду бору оксидом вісмуту дозволяє одночасно вирішити кілька питань. Іони Bi^{3+} входять до складу плівки пропорційно до ступеню переохолодження розчину-розплаву $\Delta T = T_{нас.} - T_p$, створюючи при цьому необхідну одновісну магнітну анізотропію та підвищуючи оптичний контраст доменів. Присутність оксиду молібдену MoO_3 в розплаві зменшує швидкість росту епітаксійних плівок, що є особливо важливим при вирощуванні МПФГ з мікронними і субмікронними ЦМД (0,85—1,0 мкм), оскільки дозволяє краще контролювати відтворюваність їх товщини та магнітних параметрів.

В табл. 2 наведено характеристики використаних нами розчинів-розплавів та основні параметри вирощених з них МПФГ в порівнянні з даними [1].

Склади шихти, позначені літерами Б, В і Г, дозволяють отримати найменші швидкості росту, а вирощені з них МПФГ мають магнітні та структурні параметри, що відповідають вимогам до технічного застосування в запам'ятовуючих пристроях на ЦМД мікронних і субмікронних розмірів.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Parker S.G., Cox W.R. Liquid-phase epitaxial growth of Ca, Ge – substituted garnet-films having magnetic bubbles 1,0-3,0 μm in diameter // J.Cryst.Growth.— 1977.— Vol. 42.— P. 334—342.

S. I. Yushchuk, S. O. Yuryev, S. P. Dubelt, V. I. Loboiko

Growing of the epitaxial ferro-garnet films with submicronic BCD.

For decreasing the speed of growing of single-crystal ferro-garnet films with BCD and improvement of manufacturability and reproducibility of their magnetic parameters, the ferro-garnet system $(Y, Sm, Ca, Bi)_3(Fe, Ge, Si)_5O_{12}$ and solvent $PbO - Bi_2O_3 - MoO_3$ are proposed. That allows to obtain quality films with BCDs 0,85...3,0 μm in diameter, with the values of monaxonic magnetic anisotropy field $H_K = 1800...3150$ Oe and Curie temperature. $T_K = 483—513$ K.

Keywords: *ferro-garnet films, growing, magnetic bubbles.*