

05.1; 07

ЭПИТАКСИАЛЬНЫЕ ПЛЕНКИ ФЕРРИТ-ГРАНАТОВ  
НА ПОДЛОЖКАХ  $\text{Ca}_3(\text{NbGa})_5\text{O}_{12}$ Н.А. Е с ь к о в, В.В. Р а н д о ш к и н,  
В.И. Ч а н и

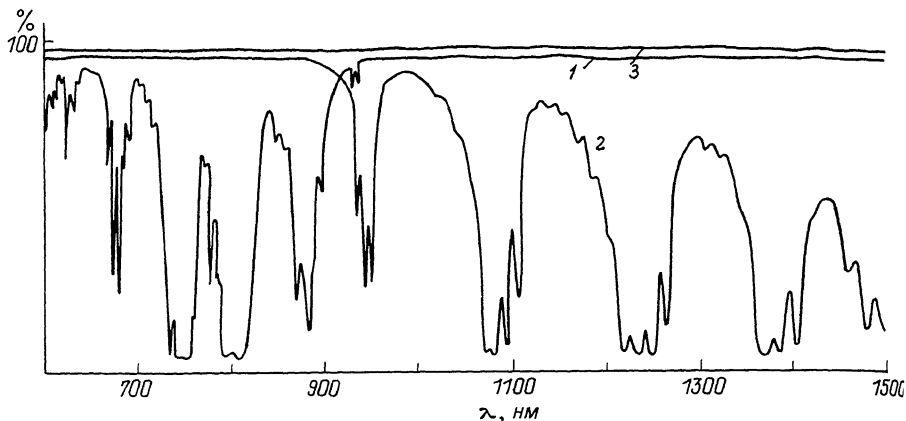
Монокристаллические пленки феррит-гранатов (МПФГ) с общей формулой  $(\text{LnBi})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ , где  $\text{Ln}$  – ион или комбинация ионов редкоземельных элементов группы лантана на подложках  $\text{Ln}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$  ( $\text{Ln} - \text{Gd}, \text{Sm}, \text{Nd}$  и др.), находят применение в различных областях магнитной микроэлектроники [1, 2].

Для МПФГ, предназначенных для использования в магнитооптических устройствах, одно из основных требований к МПФГ сводится к достижению максимально возможного значения магнитооптической добротности МПФГ [2]:

$$\psi \equiv \frac{2\theta}{\alpha}, \quad (1)$$

где  $\theta$  – удельное фарадеевское вращение в МПФГ,  $\alpha$  – коэффициент оптического поглощения МПФГ. Выражение (1) справедливо только для изолированной МПФГ, на практике, однако, как правило, используются сложные структуры типа МПФГ – подложка, причем пленка наносится на подложку методом жидкофазной эпитаксии [1, 2]. В этой связи следует учитывать поглощение самой подложки  $\alpha_s$ , величиной которого далеко не всегда можно пренебречь.

Поскольку, согласно [3], величина  $\theta$  пропорциональна содержанию  $\text{Bi}^{3+}$  в МПФГ необходимо, чтобы используемые подложки обладали относительно высоким значением параметра решетки  $\alpha_s$ , т.к. введение иона большого радиуса  $\text{Bi}^{3+}$  [4] приводит к увеличению параметра решетки МПФГ  $\alpha_p$ . Таким образом, подложка должна характеризоваться повышенным параметром  $\alpha_s$  при пониженном  $\alpha_p$ . Недостатками существующих подложечных материалов  $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{Sm}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{Nd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$  являются либо малая величина  $\alpha_s$ , как для первых двух (1.2383 нм и 1.2438 нм соответственно), либо наличие ряда пиков поглощения в рабочих областях спектра, как для вторых двух (см. рисунок). Кроме того, редкоземельные гранаты, как правило, имеют высокую температуру плавления, вследствие чего их выращивание (обычно методом Чохральского [1]) осуществляется из иридиевых контейнеров. Кристаллы кальций-ниобий-галлиевого граната (КНГГ)  $\text{Ca}_3(\text{NbGa})_5\text{O}_{12}$  в этом смысле являются уникальным материалом. При относительно низкой температуре плавления ( $T_{\text{пл}} = 1430$  °С), что позволяет осуществлять их получение из платиновых контейнеров, они характеризуются высокой прозрачностью (см. рис.) и величиной  $\alpha_s = 1.2509$  нм.



Спектры пропускания подложек толщиной  $h = 500-600$  мкм:  
 $Nd_3Ga_5O_{12}$  (1),  $Sm_3Ga_5O_{12}$  (2),  $Ca_3(NbGa)_5O_{12}$  (3);  $\lambda$  - длина волны излучения.

№ образца	1	2	3	4	5	6	7	8
№ раствора	1	1	1	2	2	3	3	4
Подложка	КНГГ	КНГГ	КНГГ	КНГГ	КНГГ	НГГ	НГГ	НГГ
Ориентация	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(111)	(111)	(111)
$T_{\text{макс}}, ^\circ\text{C}$	688	681	684	681	674	672	672	650
$T_{\text{мин}}, ^\circ\text{C}$	671	666	672	666	663	657	657	630
$\tau$ , мин	4	5	4	5	3	5	5	7
$2h$ , мкм	4.8	6.0	4.8	5.8	4.1	1.8	3.2	1.8
$2\varphi$ , град	10.8	10.0	7.4	11.9	8.5	2.9	4.2	3.3
$\theta$ , град/мкм	2.3	1.7	1.5	2.1	2.1	1.6	1.3	1.8
$\rho_0$ , мкм	12.3	7.8	13.0	5.7	5.7	4.6	1.8	9.2

Параметры пленок:  $T_{\text{макс}}$  и  $T_{\text{мин}}$  - максимальная и минимальная температуры эпитаксии,  $\tau$  - продолжительность эпитаксии,  $2h$  - суммарная толщина пленок с верхней и нижней сторон подложки,  $2\varphi$  - суммарный угол фарадеевского вращения на длине волны излучения 633 нм,  $\theta$  - среднее удельное фарадеевское вращение,  $\rho_0$  - равновесный период доменной структуры. Для сравнения приведены параметры пленок, полученных при близких условиях на подложках  $Nd_3Ga_5O_{12}$  (НГГ).

Несмотря на то что об использовании КНГГ в качестве подложек сообщалось и ранее [5], альтернативным по отношению к традиционным материалам типа  $Ln_3Ga_5O_{12}$  кристаллы КНГГ до последнего времени не рассматривались [1]. Это обусловлено трудностью выращивания МПФГ методом жидкофазной эпитаксии на подложках КНГГ.

Синтез МПФГ в настоящей работе осуществляли по стандартной методике вертикального погружения [6] подложек, вращающихся в горизонтальной плоскости со скоростью 120–150 об/мин. Эпитаксию проводили в переохлаждённых растворах–расплавах с низким содержанием  $Ln$  – компонентов [7].

В таких системах были получены макросовершенные МПФГ, полностью покрывающие подложку КНГГ. Некоторые свойства полученных структур МПФГ–КНГГ приведены в таблице. Заметим, что комбинация  $Ln$ –элементов  $Y$ ,  $Lu$  выбиралась не случайно. Содержание  $Y^{3+}$  в расплаве и МПФГ превышало содержание  $Lu^{3+}$  примерно на порядок. Согласно [8], ион  $Y^{3+}$  является одним из наиболее предпочтительных с точки зрения его встройки в структуру граната при кристаллизации по сравнению с другими  $Ln$ –ионами, размер которых существенно отличается от равновесного для феррит–гранатов значения [9]. Таким образом использование именно такого сорта  $Ln$  – ионов позволяло отчасти обеспечить кристаллизацию МПФГ, в особенности имея ввиду конкуренцию этого процесса с противоположным – растворением КНГГ. Незначительное количество ионов  $Lu^{3+}$  вводилось в МПФГ с целью управления параметром  $\alpha_f$ .

Содержание  $Bi$  в полученных МПФГ  $(YLuBi)_3(FeGa)_5O_{12}$ /КНГГ достигало 2.0 и более на формульную единицу, что близко к рекордным для данного класса материала значениям [10]. Следует отметить еще одну особенность изученных систем: использование подложек КНГГ с ориентацией (110) позволяет достичь значительно лучшего качества МПФГ по сравнению с (111), хотя при использовании традиционных подложечных материалов типа  $Ln_3Ga_5O_{12}$  обычно имеет место обратная ситуация. В общем случае это характеризует рассмотренные системы с положительной стороны, т.к. в пленках  $(YLuBi)_3(FeGa)_5O_{12}$  (110) относительно легко реализуется орторомбическая анизотропия [11], что приводит к улучшению динамических характеристик доменных границ в МПФГ.

В заключение заметим, что полученные в работе структуры МПФГ–КНГГ обладают уникальным комплексом функциональных и технологических параметров, что указывает на перспективность их применения в прикладной магнитооптике и, возможно, в устройствах на субмикронных цилиндрических магнитных доменах [1].

## Л и т е р а т у р а

- [1] Элементы и устройства на цилиндрических магнитных доменах: Справочник / Под ред. Н.Н. Евтихиева, Б.Н. Наумова. М.: Радио и связь, 1987. 488 с.
- [2] Болбешов А.М., Червоненкис А.Я. Магнитные материалы для микроэлектроники. М.: Энергия, 1979. 216 с.

- [3] Червоненкис А.Я., Чани В.И., Бахтеузов В.Е., Павлова С.Г. // Изв. АН СССР, сер. Неорг. матер., 1986. Т. 22. № 9. С. 1530-1533.
- [4] Strosska В., Holst P., Tolksdorf W. // Philips Res. Repts. 1978. V. 33. N 3/4. P. 186-202.
- [5] Бахтеузов В.Е., Еськов Н.А., Заболотная Н.В., Логинов Н.А., Рандошкин В.В., Сигачев В.Б., Чани В.И., Червоненкис А.Я. В кн.: 5-я Всесоюзная школа по оптической обработке информации. Тезисы докладов, Киев, 1984.
- [6] Эшенфельдер А. Физика и техника цилиндрических магнитных доменов. М.: Мир, 1983. 496 с.
- [7] Чани В.И. // Электронная техника, сер. Материалы, 1986. В. 5 (216), С. 57-59.
- [8] Чани В.И. В кн.: Элементы и устройства на ЦМД и ВБЛ. М.: Ин-т электронных управляющих машин, 1987. С. 9.
- [9] Чани В.И. // ЖТФ, 1986. Т. 56. В. 1. С. 193-195.
- [10] Hansen P., Krumme J.-P. // Thin Solid Films. 1984. V. 114. N 1/2. P. 69-107.
- [11] Рандошкин В.В., Сигачев В.Б., Чани В.И., Червоненкис А.Г. В кн.: Новые материалы для микроэлектроники, Т. 1, Рига: Ин-т физики АН Латв. ССР. 1986. С. 21-22.

Институт общей  
физики АН СССР,  
Москва

Поступило в Редакцию  
14 ноября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 2

26 января 1989 г.

05.2; 09

УСЛОВИЕ СТАЦИОНАРНОГО СЖАТИЯ  
ОДИНОЧНОГО ПОЛОСОВОГО ДОМЕНА В  
ФЕРРИТ-ГРАНАТОВОЙ ПЛЕНКЕ

А.Г. Шишков, В.В. Гришачев,  
Е.Н. Ильичева, Ю.Н. Федюнин

Одними из основных операций разрабатываемого запоминающего устройства (ЗУ) на вертикальных блоховских линиях (ВБЛ) [1] является расширение-сжатие и разрезание полосового домена (ПД). Стабильность работы такого устройства определяется динамической устойчивостью к преобразованиям доменных границ (ДГ) при названных операциях. Большинство авторов при их выполнении либо не учитывают, либо вообще не рассматривают то, что используемые