

06.3

© 1990

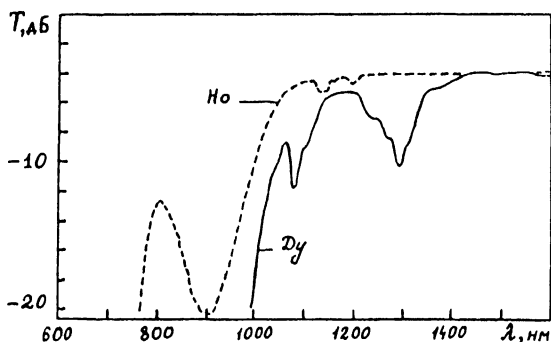
ЭПИТАКСИАЛЬНЫЕ ПЛЕНКИ $(\text{Ho}, \text{Bi})_3(\text{Fe}, \text{Ga})_5\text{O}_{12}$
КАК МАТЕРИАЛ ДЛЯ ОПТИЧЕСКИХ ИЗОЛЯТОРОВВ.В. Р ан до ш к и н, М.И. Т и м о ш е ч к и н,
В.И. Ч а н и

С развитием оптоэлектронных систем связи появилась потребность в ряде специализированных элементов (таких как, в частности, оптические изоляторы [1]). Наиболее радикальный подход к изготовлению экономичных и эффективных оптических изоляторов состоит в использовании висмутсодержащих монокристаллических пленок феррит-гранатов (Вс-МПФГ) при падении света перпендикулярно плоскости пленки [1-5]. Эти материалы выращивают методом жидкофазной эпитаксии из переохлажденного раствора-расплава на подложках из немагнитных гранатов. В качестве перспективного материала для оптических изоляторов ближнего ИК диапазона рассматривают пленки $(\text{Dy}, \text{Bi})_3(\text{Fe}, \text{Ga})_5\text{O}_{12}$, выращиваемые на подложках $(\text{Gd}, \text{Ca})_3(\text{Mg}, \text{Zr}, \text{Ga})_5\text{O}_{12}$ (ГКМЦГГ) [2]. Недостатком этих пленок является наличие пика поглощения на длине волны $\lambda = 1.3$ мкм, обусловленного ионами Dy^{3+} (см. рисунок, кривая 1).

Настоящая работа посвящена разработке нового, свободного от указанного недостатка материала для оптических изоляторов - Вс-МПФГ состава $(\text{Ho}, \text{Bi})_3(\text{Fe}, \text{Ga})_5\text{O}_{12}$. Эти пленки выращивали методом жидкофазной эпитаксии из переохлажденного раствора-расплава на основе $\text{PbO-B}_2\text{O}_3\text{-Bi}_2\text{O}_3$ на подложках ГКМЦГГ с ориентацией (111) с учетом рекомендаций, облегчающих получение толстых пленок [6, 7]. Заметим, что ион Ho^{3+} имеет размер, близкий к наиболее равновесному для структуры граната [8, 9]. Это также способствовало получению толстых пленок.

Вс-МПФГ состава $(\text{Ho}, \text{Bi})_3(\text{Fe}, \text{Ga})_5\text{O}_{12}$ в отличие от Dy -содержащих пленок не имеют дополнительного поглощения вблизи $\lambda = 1.3$ мкм (см. рисунок, кривая 2). Заметим, что данные на рисунке включают потери света на отражение, которые практически полностью могут быть исключены путем просветления пленок. Параметры некоторых исследованных пленок приведены в таблице, где h - толщина пленки, H_{K3} - эффективное поле одноосной анизотропии, θ_F - удельное фарадеевское вращение на длине волны $\lambda = 1.15$ мкм. Значение H_{K3} определяли с помощью метода ферромагнитного резонанса (ФМР) на частоте $\omega/2\pi = 9.24$ ГГц при использовании соотношений

$$\omega/\gamma = H_1 + H_{K3}, \quad (1)$$



Спектры пропускания непросветленных Вс-МПФГ составов $(Dy, Bi)_3$, $(Fe, Ga)_5O_{12}$ (1) и $(Ho, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$ (2).

Параметры исследованных Вс-МПФГ

№ образца	h , мкм	H_{K3} , Э	θ_F , град/мкм	g
1	121	-440	0.31	1.56
2	234	130	0.26	1.49
3	114	-430	0.30	1.58

$$(\omega/\gamma)^2 = H_{||} (H_{||} - H_{K3}), \quad (2)$$

где γ – гиромагнитное отношение, H_{\perp} – и $H_{||}$ – резонансные поля ФМР при ориентации внешнего магнитного поля перпендикулярно и параллельно плоскости пленки соответственно. Относительно невысокие значения H_{K3} в исследованных пленках обуславливают тот факт, что для их намагничивания до насыщения вдоль нормали к плоскости пленки требуются сравнительно слабые магнитные поля, которые легко могут быть созданы с помощью постоянных магнитов.

Линия ФМР в исследованных Вс-МПФГ монотонно сужается с температурой, исключая ее значения вблизи температуры Нееля T_N . Намагниченность насыщения $4\pi M_S$ в диапазоне температур 0–150 °С меняется не более, чем на 30% от максимального значения.

Эффективное значение g -фактора для исследованных пленок (в частности, для образца № 3 это значение составляет $g=1.58$) выше, чем для свободного иона Ho^{3+} , составляющее $g=5/4$.

Это вытекает из предположения справедливости формулы Киттеля:

$$g = g_{Fe} \frac{M_{Ho} + M_{Fe}}{M_{Fe}}, \quad (3)$$

где M_{Ho} — намагниченность додекаэдрической подрешетки в структуре граната, обусловленная ионами Ho^{3+} , M_{Fe} суммарная намагниченность тетраэдрической и октаэдрической подрешеток.

Таким образом, в настоящей работе показано, что Vc -МПФГ состава $(Ho, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$, выращиваемые методом жидкофазной эпитаксии на подложках ГКМЦГГ с ориентацией (111), являются перспективным материалом для оптического изолятора ближнего ИК диапазона.

В заключение авторы выражают свою благодарность Н.В. Васильевой за помощь при выращивании Vc -МПФГ, В.И. Козлову за проведение измерений методом ФМР и В.Н. Протопопову за помощь при измерении спектров пропускания пленок.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Р ан до ш к и н В.В., Ч е р в о н е н к и с А.Я. Прикладная магнитооптика. М.: Энергоатомиздат, 1990.
- [2] H o n d a Y., H i b i y a T., S h i r o k i S. // Japan. J. Magn. Mater. 1986. V. 10. N 2. P. 151-154.
- [3] M a t s u d a K., M i n e m o t o S., K a m a d a O., I s h i z u k a S. // IEEE Trans. Magn. 1987. V. MAG-23. N 5. P. 3479-3481.
- [4] M a t s u d a K., M i n e m o t o S., K a m a d a O., I s h i z u k a S. // National Techn. Reports. 1988. V. 34. N 1. P. 41-49.
- [5] M a s h i d a K., A s a h a r a Y., N a k a j i m a K., I s h i k a w a H. // Optoelectronics Devices and Technology. 1988. V. 3. N 1. P. 99-105.
- [6] Р ан до ш к и н В.В., Ч е р в о н е н к и с А.Я., Ч а н и В.И. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. В. 11. С. 653-656.
- [7] Л о г и н о в Н.А., Р ан до ш к и н В.В., Ц в е т к о в а А.А., Ч а н и В.И. // ЖТФ. 1987. В. 9. С. 1878-1881.
- [8] Ч а н и В.И. // ЖТФ. 1986. Т. 56. В. 1. С. 193-195.
- [9] Р ан до ш к и н В.В., Ч а н и В.И., Ц в е т к о в а А.А. // Письма в ЖТФ. 1987. Т. 13. В. 4. С. 839-842.

Институт общей физики АН СССР,
Москва

Поступило в Редакцию
6 апреля 1990 г.