

07

## О люминесценции объемных и пленочных монокристаллов гадолиний-галлиевого граната, возбуждаемой ультрафиолетовым излучением

© Н.В. Васильева, К.С. Гочелашвили, М.Е. Земсков,  
В.А. Кондратюк, В.В. Рандошкин

Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва  
E-mail: natashav@ok.ru

Поступило в Редакцию 15 июня 2004 г.  
В окончательной редакции 1 сентября 2004 г.

Обсуждается различие спектрально-люминесцентных свойств объемных и пленочных монокристаллов  $Gd_3Ga_5O_{12}$ . Пленки выращивали методом жидкофазной эпитаксии из переохлажденных растворов-расплавов на основе систем  $PbO-V_2O_3$  и  $Bi_2O_3-V_2O_3$ . На образцы воздействовали ультрафиолетовым излучением дейтериевой лампы.

В работах [1–4] показано, что эпитаксиальные пленки  $Gd_3Ga_5O_{12}$  (ГГГ) имеют дополнительные полосы оптического поглощения по сравнению с объемными монокристаллами ГГГ. В частности, пленки, выращенные из раствора-расплава на основе  $PbO-V_2O_3$  при малом переохлаждении по сравнению с подложкой ГГГ, имеют дополнительную полосу оптического поглощения с центром на длине волны  $\lambda = 280$  nm. При более высоком переохлаждении дополнительно появляются полосы поглощения с центрами на длинах волн  $\lambda = 325$  и  $550$  nm. В пленках, выращенных из раствора-расплава на основе  $Bi_2O_3-V_2O_3$  имеет место дополнительная полоса оптического поглощения с центром на длине волны  $\lambda = 290$  nm.

Целью настоящей работы являлось сравнение результатов воздействия ультрафиолетового излучения на монокристалл ГГГ и эпитаксиальные пленки, выращенные из растворов-расплавов на основе систем  $Gd_2O_3-Ga_2O_3-PbO-V_2O_3$  и  $Gd_2O_3-Ga_2O_3-Bi_2O_3-V_2O_3$  на подложках ГГГ с ориентацией (111). Толщина подложки составляла  $500 \mu m$ .

Параметры эпитаксиальных пленок

№ образца	Растворитель	$T_g, ^\circ\text{C}$	$2h, \mu\text{m}$	Примесь
1	PbO-B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	966	10	Pb <sup>2+</sup>
2	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	898	16	Bi <sup>3+</sup>

Параметры исследованных образцов приведены в таблице, где  $T_g$  — температура роста,  $2h$  — суммарная толщина пленок на обеих сторонах подложки.

Источником ультрафиолетового излучения служила дейтериевая лампа типа ДДС-30, свет от которой после прохождения кварцевой призмы направлялся через спектральную щель на образец по нормали к его плоскости. Торцеобразца располагался в непосредственной близости от входной щели монохроматора типа МДР-12. Спектр излучения, возбуждающего люминесценцию, приведен на рис. 1. Ширина входной щели монохроматора равнялась толщине образца. На выходе

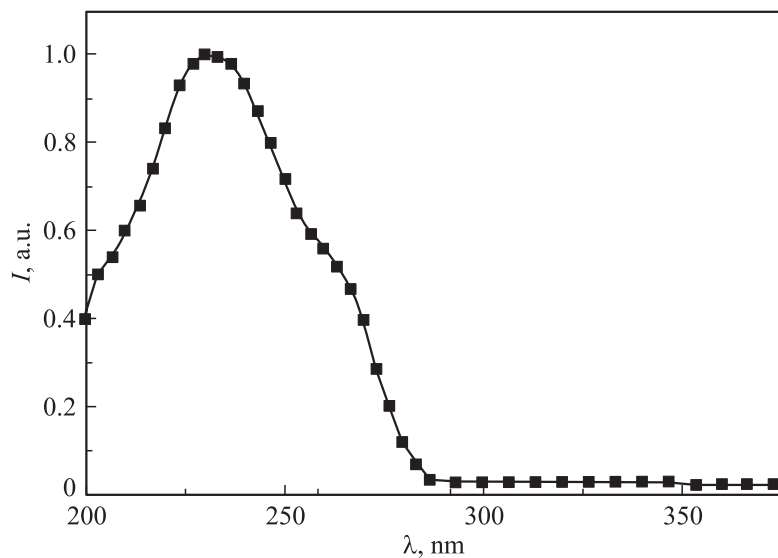
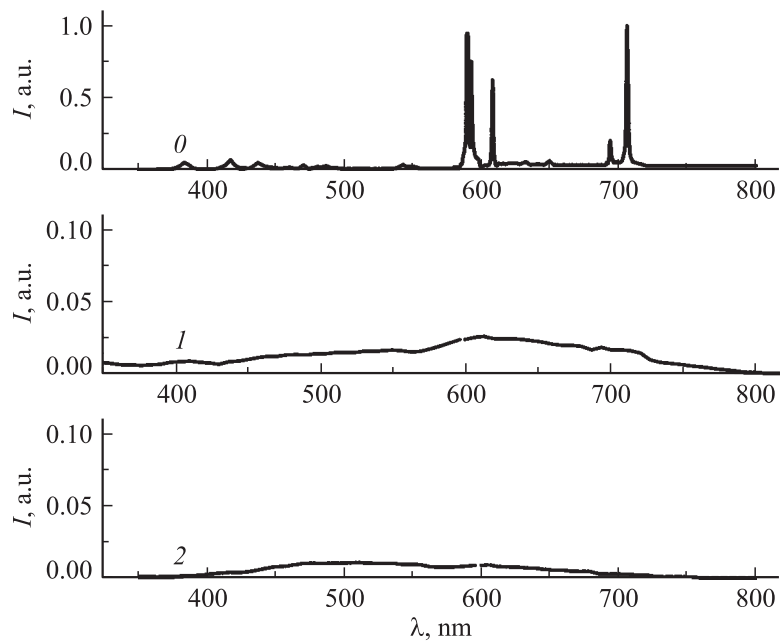


Рис. 1. Спектр ультрафиолетового излучения, возбуждающего люминесценцию.



**Рис. 2.** Спектры люминесценции подложки (0) и эпитаксиальных пленок, выращенных из растворов-расплавов на основе систем  $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{-Ga}_2\text{O}_3\text{-PbO-B}_2\text{O}_3$  (1) и  $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{-Ga}_2\text{O}_3\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$  (2).

монохроматора помещали фотоэлектронный умножитель типа ФЭУ-100 (рабочий диапазон длин волн  $\lambda = 170\text{--}840\text{ nm}$ ). Спектр люминесценции регистрировали с торца образца самописцем типа ЭНДИМ, скорость записи которого синхронизировалась со скоростью сканирования длин волн на монохроматоре.

Зарегистрированные спектры приведены на рис. 2. Для подложки ГГГ (рис. 2, кривая 0) наблюдаются полосы люминесценции с максимумами на длинах волн  $\lambda = 590, 591, 593, 618, 693$  и  $706\text{ nm}$ . Эти полосы люминесценции не могут быть связаны с ионами  $\text{Gd}^{3+}$  [5]. Природа центров, ответственных за эту люминесценцию, в настоящее время не ясна и требует дополнительных исследований.

Указанные полосы люминесценции отсутствуют, если на поверхность подложки нанесена эпитаксиальная пленка, выращенная как из

раствора-расплава на основе системы  $Gd_2O_3-Ga_2O_3-PbO-B_2O_3$  (рис. 2, кривая 1), так и из раствора-расплава на основе системы  $Gd_2O_3-Ga_2O_3-Bi_2O_3-B_2O_3$  (рис. 2, кривая 2). Для структуры подложка/пленка наблюдается широкая полоса люминесценции с небольшой интенсивностью. Заметим, что масштаб по оси ординат для кривых 0, 1 и 2 на рис. 2 разный. Различие спектров люминесценции подложки (рис. 2, кривая 0) и структуры подложка/пленка (рис. 2, кривые 1 и 2) можно объяснить только тем, что возбуждающее излучение полностью поглощается эпитаксиальной пленкой.

Очевидно, что за поглощение ультрафиолетового излучения эпитаксиальной пленкой ответственны примесные ионы свинца и висмута, которые отсутствуют в подложке. Более того, ультрафиолетовое излучение поглощается в переходном поверхностном слое пленка/воздух, концентрация примесных ионов в котором выше на порядок и более, чем в основном объеме эпитаксиальной пленки [6–8]. За наблюдаемую люминесценцию (рис. 2, кривые 1 и 2) ответственны центры, связанные с примесными ионами в пленке.

Полученные результаты необходимо учитывать при разработке визуализаторов ультрафиолетового излучения, сцинтилляторов  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучения, катодолуминесцентных и рентгеновских экранов с высоким пространственным разрешением.

## Список литературы

- [1] Рандошкин В.В., Васильева Н.В., Салецкий А.М. и др. // Письма в ЖТФ. 1999. Т. 25. В. 17. С. 18–21.
- [2] Рандошкин В.В., Васильева Н.В., Васильев А.В. и др. // ФТТ. 2001. Т. 43. В. 9. С. 1594–1599.
- [3] Рандошкин В.В., Васильева Н.В., Плотниченко В.Г. и др. // Письма в ЖТФ. 2000. Т. 26. В. 10. С. 22–27.
- [4] Рандошкин В.В., Васильева Н.В., Васильев А.В. и др. // Неорганические материалы. 2004. Т. 40. В. 1. С. 1–5.
- [5] Рандошкин В.В., Васильева Н.В., Плотниченко В.Г. и др. // ФТТ. 2004. Т. 48. В. 6. С. 1001–1007.
- [6] Рандошкин В.В., Шапошников А.Н., Шапошникова Г.В. и др. // Письма в ЖТФ. 1984. Т. 10. В. 4. С. 224–227.
- [7] Грошенко Н.А., Прохоров А.М., Рандошкин В.В. и др. // ФТТ. 1985. Т. 27. В. 6. С. 1712–1717.
- [8] Рандошкин В.В., Червоненкис А.Я. Прикладная магнитооптика. М.: Энергоатомиздат, 1990. 320 с.