

05.2;07;11

©1995

## О ПРИРОДЕ ЦЕНТРОВ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ТИОГАЛЛАТА КАДМИЯ

*В.Т.Мак, А.М.Ебрагим*

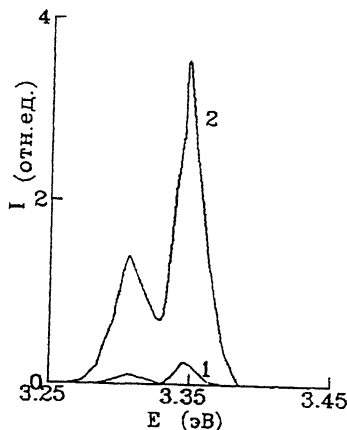
Фотолюминесценция кристаллов тиогаллата кадмия достаточно подробно исследовалась, например в [1-6]. В то же время поликристаллические пленки  $\text{CdGa}_2\text{S}_4$  были синтезированы и исследованы лишь в работах [7,8]. Однако результаты исследований спектров фотолюминесценции (ФЛ) поликристаллического тиогаллата кадмия до настоящего времени не публиковались. Частично устранить указанный пробел призвана настоящая работа.

Исследуемые пленки были получены методом, описанным в [7]. Фотолюминесценция возбуждалась импульсным излучением азотного лазера с длиной волны 337 нм и регистрировалась при 77 К. Пленки подвергались изохронному отжигу по методике, описанной в [8].

Характерной особенностью спектров ФЛ пленок, отличающих их от спектров ФЛ монокристаллов, было наличие двух узких полос излучения в ультрафиолетовой области спектра при 3.348 эВ ( $I_1$ ) и 3.307 эВ ( $I_2$ ) (см. рисунок), о которых мы не встречали информации в опубликованной литературе. Интенсивность излучения исходных пленок в этой области была примерно в 10-20 раз меньшей, чем в отожженных при 760 К 15 мин.

Энергетическое положение максимумов ультрафиолетовой ФЛ вблизи края фундаментального поглощения свидетельствует о том, что соответствующий центр свечения расположен вблизи разрешенной зоны, а большая интенсивность коротковолнового максимума по сравнению с интенсивностью длинноволнового делает обоснованным предположение о том, что за анализируемое излучение ответственны донорно-акцепторные (ДА) пары с различным расстоянием между донором и акцептором.

Из известных литературных данных наиболее близко к зоне проводимости расположен донорный уровень вакансии серы ( $V_S$ ) [1]. Его энергия ионизации  $E_d = 0.3$  эВ. Энергия активации темновой проводимости исходных пленок в



Спектральное распределение фотолуминесценции неотожженных (кривая 1) и отоженных при 760 К (кривая 2) пленок  $\text{CdGa}_2\text{S}_4$ .

области низких температур и отоженных пленок в области температур 77–300 К была 0.3 эВ, причем после отжига концентрация дефектов, ответственных за эту проводимость, возрастала [8]. Отжиг пленок титогаллата кадмия сопровождается испарением из них кадмия [7,8], что приводит к возрастанию концентрации междоузельных атомов галлия  $[\text{Ga}_i]$  и серы  $[\text{S}_i]$ . Поэтому можно предположить, что донором в анализируемых ДА парах является  $\text{Ga}_i$ , а не  $\text{V}_\text{S}$ . С другой стороны, наиболее вероятным акцептором в ДА парах, ответственных за ультрафиолетовую ФЛ, являются  $\text{S}_i$ , поскольку остальные возможные акцепторные дефекты в  $\text{CdGa}_2\text{S}_4$  ( $\text{Cd}_\text{Ga}$ ,  $\text{V}_\text{Cd}$  и др.) расположены на значительном удалении (более 1 эВ) от валентной зоны [1,7].

Учитывая, что расстояние между компонентами ДА пары порядка постоянной решетки (для исследуемых пленок  $\text{CdGa}_2\text{S}_4$   $a = b = 0.55413$  нм,  $c = 1.0126$  нм), а короткодействующей частью потенциала, учитывающей взаимодействие электрона с акцептором, дырки с донором и электрона с дыркой, при таких расстояниях можно пренебречь [9], энергию, излучаемую при ДА рекомбинации, можно вычислить в соответствии с соотношением

$$h\nu = E_g - E_d - E_a + \frac{e^2}{\epsilon r},$$

в котором использованы общепринятые обозначения.

Записав это соотношение для полос  $I_1$  и  $I_2$  при  $r_1 = na$  и  $r_2 = (n + i)a$  соответственно, где  $n$  — целое число, после

несложных вычислений получим\*  $n = 3$ . Следовательно, полосы излучения  $I_1$  и  $I_2$  обусловлены ДА рекомбинацией пар, расстояние между донором и акцептором в которых  $r_1 = 3a$  и  $r_2 = 4a$  соответственно. Эти же вычисления дают положение энергетического уровня изолированного акцептора  $E_{a1} = E_{a2} = 0.25$  эВ.

Таким образом, впервые наблюдавшаяся ультрафиолетовая фотолюминесценция с максимумами излучения при 3.348 эВ ( $I_1$ ) и 3.307 эВ ( $I_2$ ) обусловлена ДА рекомбинацией. Компонентами ДА пар являются доноры  $Ga_i$  и акцепторы  $S_i$ , разделенные пространственно на расстояние  $3a$  и  $4a$ . Энергетическое положение донора  $E_d = E_c - 0.3$  эВ и акцептора  $E_a = E_v + 0.25$  эВ.

### Список литературы

- [1] Георгобиани А.Н., Илютина З.П., Радауцан С.И., Тигиняну И.М. Исследование фотоэлектрических и люминесцентных свойств монокристаллов  $CdGa_2S_4$ ,  $ZnIn_2S_4$  и системы  $ZnS:In$ , полученной ионным внедрением. Москва, 1981. Препринт № 259. С. 47.
- [2] Георгобиани А.Н., Дону В.С., Илютина З.П., Павленко В.И., Тигиняну И.М. // Краткие сообщения по физике. 1981. № 12. С. 48.
- [3] Георгобиани А.Н., Дерид Ю.С., Радауцан С.И., Тигиняну И.М. // Краткие сообщения по физике. 1983. № 8. С. 46.
- [4] Георгобиани А.Н., Дону В.С., Илютина З.П., Павленко В.И., Тигиняну И.М. // ФТП. 1983. № 17. С. 1524.
- [5] Георгобиани А.Н., Радауцан С.И., Тигиняну И.М. // ФТП. 1985. № 19. С. 193.
- [6] Георгобиани А.Н., Грузинцев А.Н., Илютина З.П., Мызина В.А., Радауцан С.И., Тигиняну И.М. // Изв. АН СССР. Неорган. матер. 1985. Т. 21. С. 1457.
- [7] Мак В.Т., Ибрагим А.А. // ФТП. 1994. № 28. С. 1714.
- [8] Мак В.Т., Ибрагим А.А. // Изв. РАН. Неорган. матер. 1995. № 31. С. 1.
- [9] Williams F.E. // J. Phys. and Chem. Solids. 1960. N 12. P. 265.
- [10] Тазлеван В.Е. Сложные полупроводники. Кишинев, 1988. С. 163.

Одесский государственный  
университет

Поступило в Редакцию  
16 июня 1995 г.

---

\* Использовано значение  $\epsilon = 5.78$  и  $E_g = 3.787$  эВ при 77 К [10].