

УДК 546.33'15'683:535.377.001.5

ПРИРОДА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПИКОВ  
ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В  
КРИСТАЛЛАХ NaJ(Tl)

А.В.Долгополова, Е.Н.Ковалева, А.М.Кудин,  
А.Н.Панова

В кристаллах NaJ(Tl) с активатором связана термостимулированная люминесценция (ТСЛ) в области 100 и 240 К. Пик 100 К обусловлен разрушением  $Tl^0$ -центров /1/. Относительно природы максимума в области 240 К в литературе нет единого мнения. Его связывают либо с димерами  $Tl_2^+$  /2/, либо со сложными активаторными центрами окраски /3/. Поэтому цель настоящей работы состояла в установлении связи между пиками ТСЛ выше 100 К и дополнительными активаторными центрами свечения в кристаллах NaJ(Tl). Для этого исследовалось влияние концентрации таллия (от  $2,3 \cdot 10^{-4}$  до  $8,3 \cdot 10^{-2}\%$ ) на изменение спектров возбуждения активаторного свечения, ТСЛ (от 145 до 330 К) и спектров радиoluminesценции кристаллов NaJ(Tl).

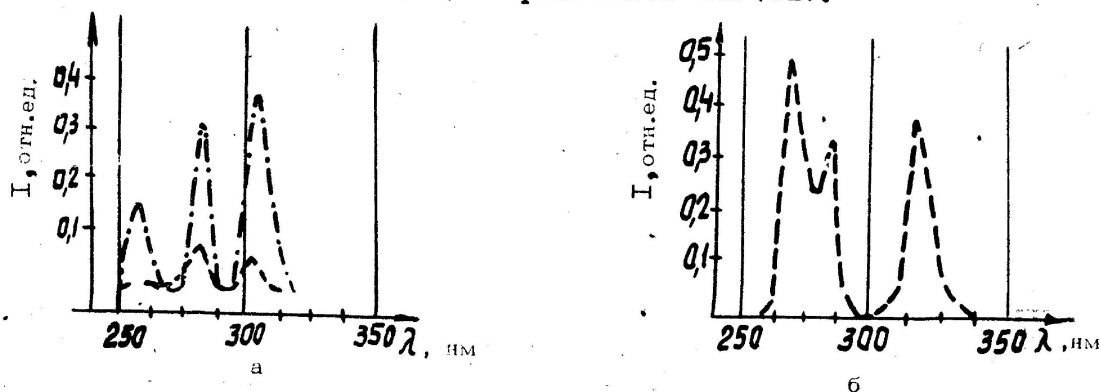


Рис.1. Разностные спектры возбуждения свечения кристаллов NaJ(Tl): а - между спектрами возбуждения свечения кристаллов с  $5,9 \cdot 10^{-4}$  и  $2,3 \cdot 10^{-4}\%$  Tl (1); между спектрами возбуждения свечения кристаллов с  $10^{-2}$  и  $2,3 \cdot 10^{-4}\%$  Tl (2); б - между спектрами возбуждения свечения кристаллов с  $8,3 \cdot 10^{-2}$  и  $2,6 \cdot 10^{-2}\%$  Tl. ----1, --- 2.

Исследовались образцы диаметром 30 и высотой 5 мм кристаллов, выращенных методом Стокбаргера в вакуумированных кварцевых ампулах. Радиoluminesценция возбуждалась гамма-квантами ( $^{241}Am$ , 1,8 Ки) и измерялась с использованием монохроматора МДР-23. Спектры возбуждения измерялись с использованием монохроматора спектрофотометра СФ-4 и водородной лампы ДДС-30. Кривые ТСЛ измерялись в

интервале температур 80–350 К (скорость нагрева 0,04 град/с) после гамма-облучения (80 К) дозой 25 рад ( $^{137}\text{Cs}$ , 660 кэВ).

Результаты исследований приведены на рис. 1 и 2. В разностных спектрах возбуждения люминесценции кристаллов, содержащих  $2,3 \cdot 10^{-4}$ – $5,9 \cdot 10^{-4}$ ,  $1 \cdot 10^{-2}\%$  Tl и обладающих преимущественно свечением  $\text{Tl}^+$ -центров, появляются полосы 260, 284 и 305–308 нм дополнительных центров люминесценции, их интенсивность увеличивается с ростом концентрации активатора (рис. 1а, б). Полоса 284 нм обусловлена агрегатами таллия, в ней возбуждается свечение 345 нм (77 К) /4/, а полосы 260 и 305–308 нм связаны с димерами таллия, характеризующимися люминесценцией 330 нм /5/. В спектрах радиолюминесценции эти кристаллы кроме основного свечения  $\text{Tl}^+$ -центров (415 нм) наблюдаются широкая полоса 320–340 нм, обусловленная указанными дополнительными центрами. На кривых ТСЛ рассматриваемых кристаллов (рис. 2а, б) имеются максимумы 170 и 300 К, связанные соответственно с активаторными центрами окраски в окружении кислорода /6/ и F-центрами /7/, а также максимумы 156 и 236–240 К, интенсивность которых увеличивается с ростом концентрации таллия.

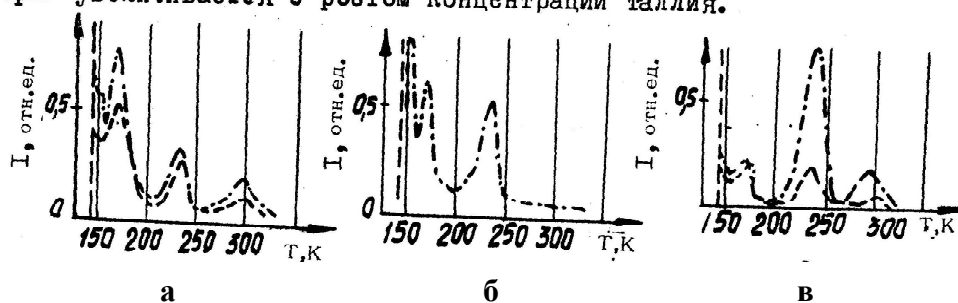


Рис. 2. Кривые термостимулированной люминесценции кристаллов NaI(Tl), содержащих: а –  $2,6 \cdot 10^{-4}\%$  Tl (1);  $5,9 \cdot 10^{-4}\%$  Tl (2); б –  $10^{-2}\%$  Tl; в –  $2,6 \cdot 10^{-2}\%$  Tl (1);  $8,3 \cdot 10^{-2}\%$  Tl (2). Интенсивность пиков на кривых ТСЛ 1а, 2а, и б увеличена в 5 раз. ---- 1; ----- 2.

Повышение содержания активатора в кристаллах до  $2,6 \cdot 10^{-2}$ – $8,3 \cdot 10^{-2}\%$  (рис. 1б) приводит к появлению в разностном спектре возбуждения этих кристаллов интенсивных максимумов 268 и 315 нм, обусловленных более сложными, чем димеры, активаторными центрами люминесценции 445–450 нм [8, 9], и значительному возрастанию полосы 284 нм. В ТСЛ этих кристаллов (рис. 2в) пик 156К отсутствует, в то время как максимум 236–240 К увеличивается почти в 5 раз. Спектр радио-люминесценции кристалла с концентрацией таллия  $8,3 \cdot 10^{-2}\%$  кроме свечения  $\text{Tl}^+$ -центров содержит полосы более сложных, чем димеры, центров – 445–450 и 345 нм.

Из сопоставления вышеприведенных данных следует, что пики ТСЛ

156 и 236-240 К имеют активаторную природу и связаны соответственно с разрушением димеров  $Tl_2^+$  (156 К) и более сложных активаторных центров окраски (236-240 К) различной структуры. Подтверждением тому, что пик 156 К связан с разрушением  $Tl_2^+$ -центров, может служить следующее. Согласно /10,11/, глубина активаторных уровней захвата определяется разностью ионизационных потенциалов атомов активатора и катиона основы  $\Delta I = I_{Tl} - I_{K^+}$ . При замене в матрице катиона калия на натрий  $\Delta I$  уменьшается на 0,8 эВ и температура максимума ТСЛ смещается на 100 К в область низких температур. Если вышележащее справедливо и для димеров активатора, то разрушение  $Tl_2^+$ -центров в  $NaJ(Tl)$  должно осуществляться при температуре на 100 К ниже температуры разрушения  $Tl_2^+$ -центров в  $KBr(Tl)$ , наблюдаемого при 258 К /12/, что удовлетворительно согласуется с положением пика ТСЛ для  $Tl_2^+$ -центров, полученным в настоящей работе.

Авторы выражают благодарность В.В.Углановой за помощь в измерении спектров возбуждения свечения и В.М.Сальникову за помощь в измерении спектров возбуждения свечения и ТСЛ, а также Г.А.Бабич за определение концентрации таллия в кристаллах.

#### Список литературы

1. Лыскович А.Б., Чорний З.П. - Изв. АН СССР. Сер. физ., 1965, т.29, №3, с.423-424.
2. Батуричева З.Б., Гуревич Н.Ю. - В сб.: Монокристаллы, сцинтилляторы и орган. люминофоры, Харьков: ВНИИ монокристаллов, 1969, вып.5, ч.1, с.257-261.
3. Мустафина Р.Х., Панова А.Н. - Изв. АН СССР. Сер. физ., 1974, т.38, №6, с.1254-1256.
4. Matsui E. - J.Phys.Soc.Jap., 1967, vol.22, №3, p.819-826.
5. Uchida Y., Kato R. - J.Phys.Soc.Jap., 1965, vol.20, p.874-875.
6. Гусева Н.Н., Лыскович А.Б. - Укр. физ. ж., 1967, т.12, №8, с.1268-1271.
7. Мустафина Р.Х., Панова А.Н. - В сб.: Монокристаллы, сцинтилляторы и орган. люминофоры, Харьков: ВНИИ монокристаллов, 1969, вып.5, ч.1, с.245-251.
8. Fontana M., Sciver W.J.van - Phys.Rev., 1968, vol.168, №3, p.960-969.
9. Мустафина Р.Х., Панова А.Н. - В сб.: Монокристаллы и техника, Харьков: ВНИИ монокристаллов, 1970, вып.1, с.81-87.
10. Луцкич Ч.Б. - Тр. ИФА АН ЭССР, 1955, №3, 230 с.
11. Кинк Р.А., Лийдья Г.Г. - Тр. ИФА АН ЭССР, 1966, №31, с.142-159.
12. Roth H., Halperin A. - J.Phys.Chem.Solids, 1982, vol.3, №7, p.609-615.

Поступило в редакцию  
29 июня 1983 г.