

## ОБРАЗОВАНИЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ РТУТЕПОДОБНЫХ ИОНОВ В ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ КРИСТАЛЛАХ В ПРОЦЕССЕ РЕКОМБИНАЦИИ ЭЛЕКТРОНОВ И ДЫРОК

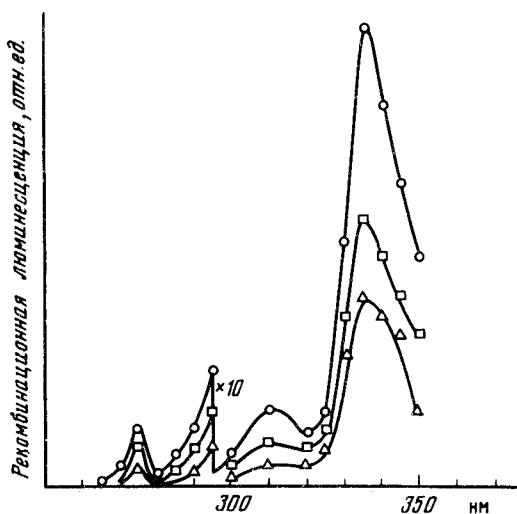
В.П.Данилов, Т.М.Мурина, А.М.Прохоров,  
Д.Шмид<sup>1)</sup>, Л.Шван<sup>1)</sup>, А.Шиллер<sup>1)</sup>

В спектрах рекомбинационной люминесценции ртутеподобных ионов в щелочно-галоидных кристаллах (ЩГК) обнаружены переходы с высокоэнергетических  $^1P_1$ -состояний примесных центров, указывающие на то, что в активированных ЩГК реализуется каскадный механизм захвата носителей.

Важнейшим практическим применением ЩГК, активированных ртутеподобными ионами ( $Tl^+$ ,  $In^+$  и др.) было и остается использование их в качестве индикаторов ионизирующих излучений — сцинтилляторов. Заключительной стадией сцинтилляционного процесса является рекомбинация носителей на центре свечения, переводящая его в возбужденное состояние с последующим излучательным переходом центра в основное состояние. В спектрах рекомбинационной люминесценции (РЛ) ртутеподобных ионов проявляются, как правило, переходы с нижних состояний центра —  $^3P_1$  ( $A$ -люминесценция)<sup>1, 2</sup>. Роль высокоэнергетических возбужденных состояний примесных центров в ЩГК в рекомбинационных процессах практически не изучена. В единственной работе, выполненной для кристалла KI – Tl, показано, что при рекомбинации электрона и дырочного центра  $Tl^{2+}$  образуется нижнее возбужденное состояние центра свечения —  $^3P_1$ <sup>1</sup>. В настоящей работе в спектрах РЛ некоторых активированных ЩГК (KI – Tl, KBr – Tl, KCl – Sn) обнаружены полосы люминесценции, за кото-

<sup>1)</sup> Дюссельдорфский университет, ФРГ.

ные, как показано в <sup>3 - 5</sup>, ответственны переходы с высокоэнергетических <sup>1</sup>P<sub>1</sub>-состояний примесных центров (С-люминесценция). Наиболее детально нами изучена РЛ кристалла KI - Tl.



Спектр рекомбинационной люминесценции кристалла KI-Tl; ○ – 1-ая фотостимуляция, □ – 2-ая фотостимуляция, △ – 3-я фотостимуляция

В эксперименте использовалось только оптическое возбуждение кристаллов. Ультрафиолетовое излучение четвертой гармоники Nd : YAG-лазера ( $30 - 40 \text{ МВт}/\text{см}^2$ ) использовалось для ступенчатой фотоионизации активатора <sup>6</sup> и создания в кристаллах дырочных ( $\text{Tl}^{2+}$ ) и электронных ( $\text{Tl}^0$ ) дефектов и  $F$ -центров. В дальнейшем трек центров окраски обесцвечивался мощным ( $50 - 100 \text{ МВт}/\text{см}^2$ ) одиночным импульсом ( $\sim 30 \text{ пс}$ ) второй гармоники Nd : YAG-лазера (либо ее ВКР – сдвигом в этаноле) и вспышка фотостимулированной люминесценции активатора регистрировалась через монохроматор фотоумножителем, сигнал с которого подавался на осциллограф. Эксперимент проводился при температуре  $T = 5 \text{ К}$ . Наиболее вероятным механизмом возбуждения активаторной люминесценции при указанных условиях эксперимента можно считать рекомбинацию электрона, появившегося в зоне проводимости вследствие фотоионизации электронных дефектов и  $F$ -центров, на дырочном центре –  $\text{Tl}^{2+}$ . На рисунке представлены спектры РЛ кристалла KI - Tl после трех последовательно проведенных фотостимуляций второй гармоникой Nd : YAG-лазера. Амплитуда люминесценции, как видно на рисунке, последовательно убывает, что указывает на ее рекомбинационный характер. При четвертой, пятой и последующих фотостимуляциях люминесценция не наблюдалась, после чего кристалл облучался равным числом импульсов (от 3 до 10, в зависимости от типа кристалла и других условий эксперимента) четвертой гармоники Nd : YAG-лазера для следующего цикла измерений. Наиболее важным результатом эксперимента является обнаружение в спектре РЛ кристалла KI - Tl полосы люминесценции в области 275 нм (рис. 1), которую однозначно приписывают переходу с <sup>1</sup>P<sub>1</sub>-состояния (С-люминесценция) <sup>4</sup>. Четко виден также провал в области 280 нм, соответствующий  $A$ -полосе поглощения в кристалле KI - Tl. Наличие в спектрах РЛ щелочно-галоидных сцинтилляторов С-люминесценции указывает на то, что в процессе рекомбинации зонного электрона с дырочным центром образуется высокоэнергетическое возбужденное <sup>1</sup>P<sub>1</sub>-состояние ртутеподобного иона, т. е. в активированных ЩГК реализуется каскадный механизм захвата носителей по реальным уровням примесного центра. Более того, поскольку существование квазилокальных состояний ртутеподобных ионов в ЩГК можно считать практически доказанным <sup>7</sup>, не исключено, что возбужденное состояние активатора может формироваться уже на ранней стадии рекомбинации, когда электрон еще находится в зоне проводимости.

В заключение отметим, что результаты настоящей работы не противоречат данным полученным в<sup>1</sup>, так как, во-первых, в<sup>1</sup> эксперимент проводился не при гелиевых, но при азотных температурах, во-вторых, не использовались такие мощные источники возбуждения, как импульсные лазеры.

### Литература

1. Яэк И.В. Труды ИФА АН ЭССР, 1963, №23, 170.
2. Алукер Э.Д., Лусис Д.Ю., Чернов С.А. Электронные возбуждения и радиолюминесценции щелочно-галоидных кристаллов. Рига: Зинатне, 1979, с. 187.
3. Edgerton R., Teegarden K. Phys. Rev., 1963, 129, 169.
4. Edgerton R., Teegarden K. Phys. Rev. A, 1964, 136, 1091.
5. Васильченко Е.А., Зазубович С.Г., Лущик Н.Е. Опт. и спектр., 1972, 32, 749.
6. Баранов П.Г., Данилов В.П., Жеков В.И. и др. ФТТ, 1980, 22, 2790.
7. Данилов В.П., Жеков В.И., Мурина Т.М.. и др. Письма в ЖЭТФ, 1982, 36, 187.

Институт общей физики  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
11 ноября 1988 г.