

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 535.37 : 548.0

## ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ Eu В МОНОКРИСТАЛЛАХ NaF

Г. Д. Потапенко и В. Ф. Писаренко

Щелочно-галогидные кристаллы (ЩГК) легко активируются европием [1]. При этом оказывается, что независимо от вида соединения, в котором Eu вводится в кристалл, и атмосферы, в которой кристалл выращивался, центры свечения содержат ионы  $\text{Eu}^{2+} \cdot \text{NaF}$  в этом отношении оказался исключением. Если выращивать кристаллы NaF на воздухе по методу Стокбаргера в платиновом тигле, добавив  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  или  $\text{EuF}_3$ , то вырастают кристаллы  $\text{NaF} \cdot \text{Eu}^{3+}$  [2]. Выращивание же в инертной атмосфере (аргон марки А, содержание кислорода не более 0.003%) приводит к образованию в кристалле центров свечения либо только с  $\text{Eu}^{2+}$ , либо с небольшой концентрацией  $\text{Eu}^{3+}$ .

В настоящей работе приведены результаты исследования люминесценции кристаллов NaF-Eu, выращенных в инертной атмосфере из графитовых тиглей по методу Чохральского. Спектры люминесценции, поглощения и возбуждения исследовались по методике, описанной в работах [2, 3].

Интенсивность люминесценции NaF-Eu в отличие от других ЩГК с  $\text{Eu}^{2+}$  невелика, причем спектр и интенсивность ее сильно зависят от термической обработки кристаллов.

Образцы, закаленные от температуры  $850^\circ\text{C}$ , при возбуждении ультрафиолетовым светом при комнатной температуре имеют в спектре люминесценции полосу с  $\lambda_{\text{max}} = 460$  нм (рис. 1, а), а при  $77^\circ\text{K}$ , кроме того, полосу с  $\lambda_{\text{max}} = 540$  нм и длинноволновую полосу (рис. 1, б), простирающуюся в инфракрасную область. Спектры люминесценции отожженных образцов при 300 и  $77^\circ\text{K}$  одинаковы и представляют собой полосу с  $\lambda_{\text{max}} = 430$  нм (рис. 1, с). Заметим, что отжиг вызывает появление в кристалле коллоидальных частиц, которые при последующей закалке рассасываются.

В области 210—500 нм спектры поглощения кристаллов содержат полосу с  $\lambda_{\text{max}} = 226$  нм и асимметричную в области 330—410 нм, независимо от термообработки. Интенсивность полос поглощения закаленных образцов несколько больше, чем отожженных. Полоса поглощения 330—410 нм характерна для I типа центров свечения  $\text{Eu}^{2+}$  в ЩГК (см. ниже).

Более информативными являются спектры возбуждения (рис. 2, б, с), из которых следует, что за излучение полосы 460 нм, с одной стороны, и полосы 540 нм и инфракрасной, с другой, ответственны разные центры. Из сопоставления же спектров люминесценции закаленных и отожженных образцов следует, что в кристаллах имеется еще один тип центров, который дает свечение 430 нм.

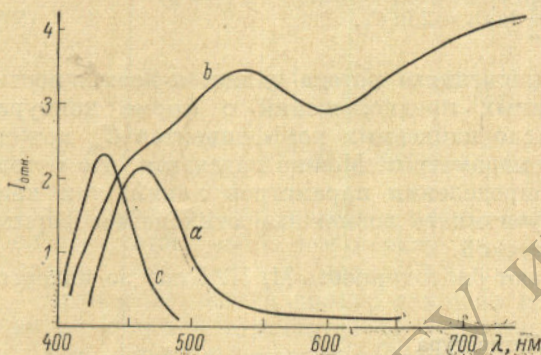


Рис. 1. Спектры люминесценции закаленных кристаллов NaF-Eu<sup>2+</sup> при 300° K (а), при 77° K (б) и отожженных при 77° K (с).

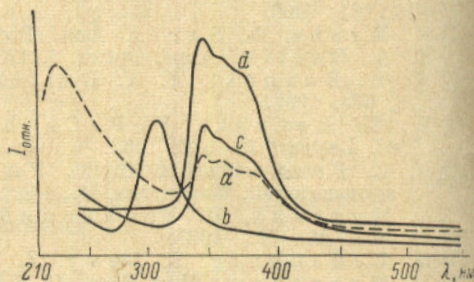


Рис. 2. Спектры возбуждения люминесценции для полос 460 нм (б), 430 нм (с) и полос 540 нм и инфракрасной (д) и спектр поглощения кристаллов NaF-Eu<sup>2+</sup> при 77° K (а).

Свечение в полосах 430 и 460 нм наблюдается и в других ШГК с  $\text{Eu}^{2+}$  и, согласно работам [4-6], объясняется тем, что первая полоса принадлежит динолям  $\text{Eu}^{2+} + V_k$  (I тип центров), а вторая относится к комплексам  $n$  ( $\text{Eu}^{2+} + V_k$ ) (II тип центров).

Если применить представления работ [4-6] к нашим условиям, то наблюдавшиеся явления можно объяснить следующим образом. В свежесинтезированных кристаллах присутствуют центры как I, так и II типа, и кроме них имеются центры, ответственные за полосы 540 нм и инфракрасную ( $P$ -центры). При отжиге центры II и  $P$  образуют коллоидные частицы, а одиночные диполи (I тип) остаются в кристалле и при возбуждении люминесцируют, давая полосу 430 нм. Если теперь отожженные образцы снова закалить, то коллоидные частицы растворяются, образуя центры II и  $P$  и увеличивая концентрацию центров I типа, как это следует из спектров поглощения. Однако в спектре свечения такого кристалла, как видно из рис. 1, б, имеются только полосы, принадлежащие центрам II и  $P$ . При возбуждении в полосу поглощения центров I типа закаленных кристаллов излучают при 77° К только  $P$ -центры, а при комнатной температуре свечение отсутствует, т. е. энергия, поглощаемая центрами I, передается  $P$ -центрам, которые при 300° К температурно потушены, а при 77° К излучают полосы с  $\lambda_{\text{max}} = 540$  нм и инфракрасную. При возбуждении в полосе 310 нм этих кристаллов при 300 и 77° К излучают центры II типа.

Природа  $P$ -центров пока не известна. Учитывая условия выращивания кристаллов, можно было бы предположить, что  $P$ -центры связаны с  $\text{Eu}^{+}$ . Однако этому противоречит отсутствие поглощения, относящегося к этим ионам. Судя по подожженным термам в свободном  $\text{Eu}^{+}$ , это поглощение следует ожидать в области 350—520 нм, а так как переходы в  $\text{Eu}^{+}$  разрешены, то интенсивности поглощения должны быть большими. Однако в спектрах поглощения соответствующих полос не наблюдается.

Особенности свечения  $P$ -центров в  $\text{NaF-Eu}^{2+}$  в известной степени подобны свечению комплексных центров в вольфраматах свинца и некоторых других соединениях [7]. Бласс и Брилл считают, что в таких центрах свечение связано с переносом заряда от одних примесей к другим. Такое свечение, согласно работе [7], должно быть температурно устойчивым, чего нельзя сказать о наблюдавшемся свечении.

#### Литература

- [1] Я. Я. Кирс, А. И. Лайсаар. Тр. ИФА АН ЭССР, 18, 86, 1960; 12, 42, 1960.
- [2] В. Ф. Писаренко, Г. Д. Потапенко. Некоторые вопросы математики и физики, Краснодар, 1969.
- [3] П. И. Быковский, В. Ф. Писаренко. Люминесценция лантанидов в ионных кристаллах, Краснодар, 1969.
- [4] И. А. Парфианович, П. С. Ивахненко, Е. И. Шуралева. Изв. АН СССР, сер. физ., 30, 1461, 1966.
- [5] R. Capelletti, E. Benedetti, Phys. Rev., 165, 981, 1968; J. H. Crawford. Color Centers in Alkali Halides, Internat. Symp., Rome, 1968.
- [6] Б. С. Горобец, Л. М. Шамовский. Изв. АН СССР, сер. физ., 33, 1001, 1969.
- [7] G. Blasse, A. Brill, Philips Res. Repts., 24, 275, 1969.

Поступило в Редакцию 25 мая 1970 г.

УДК 535.411

### ОБ ОДНОМ СВОЙСТВЕ ИНТЕРФЕРОМЕТРА ЖАМЕНА

А. С. Мазманишвили и А. С. Тарасенко

Использование интерферометра Жамена обычно ограничивается режимом наблюдения [1], при котором интерференционные лучи имеют нулевую разность хода. Однако известно [2], что вид интерференционных полос зависит от способа наблюдения интерференции. На рисунке показана эквивалентная схема любого двухлучевого интерферометра. Случай  $\mu = 0$  ( $\Delta_{\parallel} = 0$ ) соответствует наблюдению интерференции в ахроматическом режиме, в случае  $\mu = \pi/2$  ( $\Delta_{\perp} = 0$ ) интерференционные максимумы наблюдаются в виде окружностей. Можно показать, что для интерферометра Жамена

$$\left. \begin{aligned} \Delta_{\perp} &= 2h\varepsilon \frac{\sin^4 j - 2n^2 \sin^2 j + n^2}{(n^2 - \sin^2 j)^{3/2}}, \\ \Delta_{\parallel} &= 2h\varepsilon \operatorname{tg} j \frac{\sin^4 j - (3n^2 - 1) \sin^2 j + n^2}{(n^2 - \sin^2 j)^{3/2}}, \end{aligned} \right\} (1)$$