

О ПРИРОДЕ КОНЦЕНТРАЦИОННОГО ТУШЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ИОНОВ Nd^{3+} В КРИСТАЛЛАХ

Д.К.Вороныко, В.В.Осико

В настоящем сообщении изложены предварительные результаты исследования природы концентрационного тушения в кристаллах флюорита (CaF_2) с примесью Nd^{3+} . Ранее [1-3] было показано, что в этих кристаллах помимо изолированных центров, в которых находится один ион Nd^{3+} (центры L), образуются парные центры двух типов (M и N), концентрация которых резко возрастает с увеличением общей концентрации Nd^{3+} в CaF_2 . Было показано, что тушение в этих кристаллах начинается уже при концентрациях $Nd^{3+} \sim 0,5$ вес. %.

В настоящей работе нами измерены относительный квантовый выход η и излучательные времена жизни $\tau_{изл}$ отдельно для одиночных (L) и парных (M и N) центров Nd^{3+} в зависимости от его концентрации в кристалле.

Поглощение при 77° измерялось в группах, соответствующих переходам с основного уровня $4I_{9/2}$ на штарковские компоненты уровней $4F_{3/2}$, $4F_{5/2}$, $2H_{9/2}$, $4F_{7/2}$ иона Nd^{3+} . Люминесценция Nd^{3+} при $77^\circ K$ исследовалась в областях $0,9$ и $1,05$ мк, соответствующих переходам $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{9/2}$ и $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{11/2}$ иона Nd^{3+} . В качестве спектрального прибора использовался дифракционный спектрометр ДФС-12, на выходе которого помещался фотоумножитель с кислородно-серебряно-це-зиевым фотокатодом. Для возбуждения люминесценции использовался

Т а б л и ц а

Относительный выход люминесценции η
для разных типов центров Nd^{3+}

Типы центров	Концентрация C вес. %	0,03	0,1	0,3
L		1	1	1
M		$M + N$	0,012	0,024
N		$\sim 0,0005$	0,009	0,011

эллиптический цилиндрический осветитель с вольфрамовой лампой накаливания К-14. Между лампой и джаром с кристаллом помещался фильтр КС-19, пропускавший излучение в спектральной области длиннее $0,7$ мк. Таким образом, возбуждение производилось в полосы поглощения Nd^{3+} , соответствующие переходам $4I_{9/2} \rightarrow 4F_{3/2}$, $2H_{9/2}$, $4S_{3/2}$, $4F_{7/2}$, неодно-

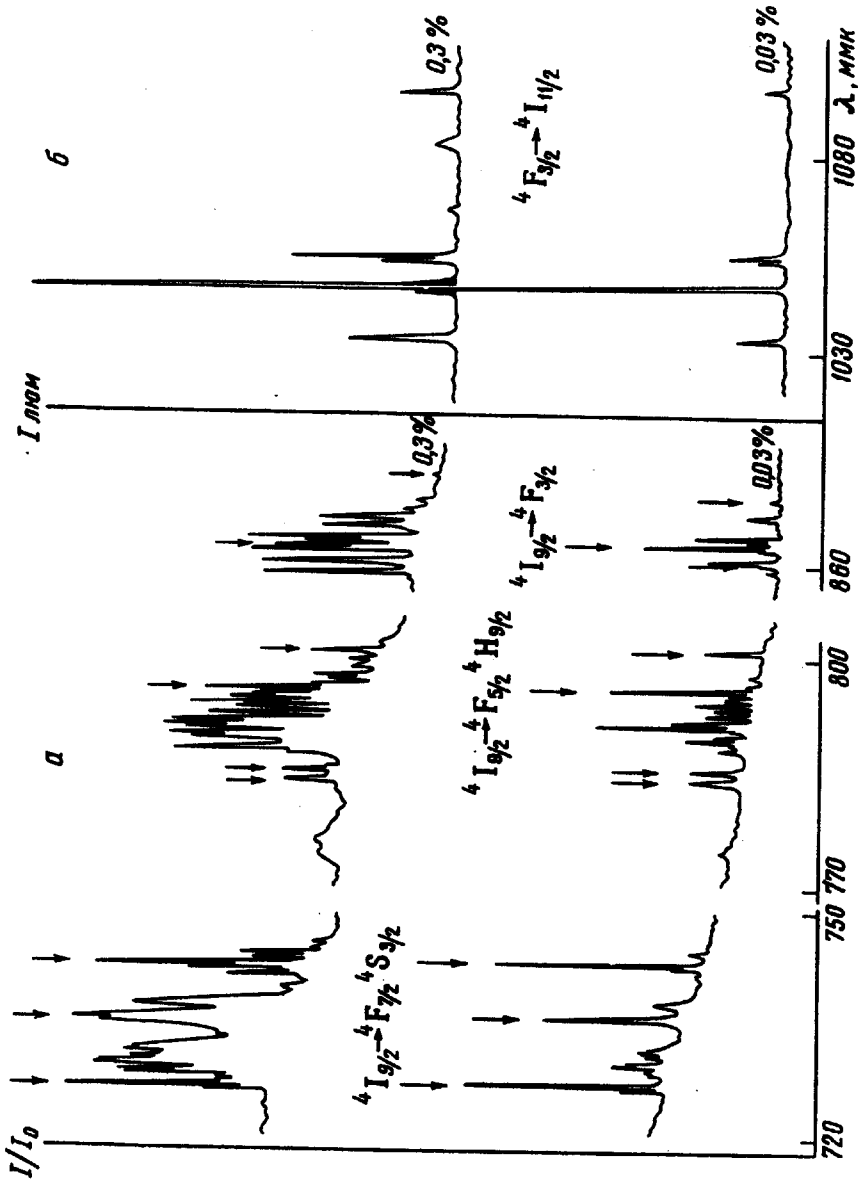


Рис. 1. Спектры поглощения и люминесценции кристаллов $\text{CaF}_2 - \text{Nd}^{3+}$ при $T = 77^\circ\text{K}$. *a* — спектры поглощения (стрелками отмечены линии поглощения одиночных центров L); *б* — спектры люминесценции — все наблюдаемые линии, за исключением двух зачерченных в спектре $\text{CaF}_2 - \text{Nd}^{3+}$ 0,3% принадлежат центрам L .

родное штарковское расщепление которых было подробно изучено в работе [2]. Для измерения $\tau_{\text{изл}}$ люминесценция кристаллов $\text{CaF}_2\text{-Nd}^{3+}$ возбуждалась импульсами света ксеноновой лампы ИФП-800 в эллиптическом осветителе. При этом использовалась схема скрещенных светофильтров (СЗС-14 и КС-18). С помощью спектрометра ДФС-12 из излучения кристалла выделялись отдельные линии, принадлежащие тому или иному типу центров Nd^{3+} . Для получения временных разверток излучения сигнал с ФЭУ подавался на осциллограф С-1-16.

На рис.1 приведены спектры поглощения и спектры люминесценции для двух концентраций Nd^{3+} . Из рисунка видно, как, несмотря на то, что поглощение парных центров M и N велико и при увеличении концентрации Nd^{3+} значительно превосходит поглощение "одиночных" центров L , в спектрах люминесценции доминируют линии L . В таблице приведены рассчитанные по спектрам величины относительного квантового выхода люминесценции центров L , M и N . Как видим, выход для парных центров почти на два порядка ниже, чем для одиночных.

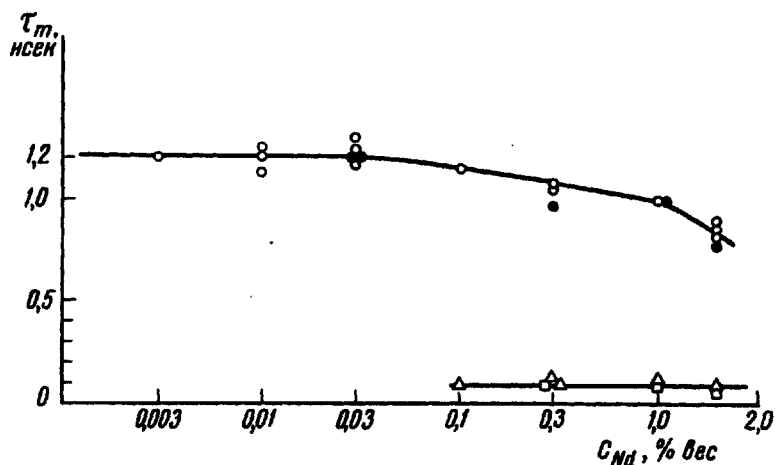


Рис. 2. Концентрационная зависимость времени жизни $\tau_{\text{изл}}$ при 77°K: \odot — для линии 10457 Å центра L (нижняя компонента уровня ${}^4F_{3/2}$), \bullet — для линии 10337 Å центра L (верхняя компонента уровня ${}^4F_{3/2}$), \blacktriangle — для линии 10467 Å центра M , \blacksquare — для линии 10448 Å центра N

На рис.2 приведены кривые концентрационной зависимости $\tau_{\text{изл}}$ для центров L , M и N . Из рисунка видно, что $\tau_{\text{изл}}$ для парных центров в 10 раз меньше, чем для одиночных. Для всех трех типов центров $\tau_{\text{изл}}$ слабо зависит от концентрации Nd^{3+} .

Полученные результаты свидетельствуют о том, что из трех типов центров вклад в люминесценцию дают лишь центры одного типа — L , в двух других типах центров люминесценция почти полностью потушена. Это означает, что резонансное взаимодействие $\text{Nd}^{3+} - \text{Nd}^{3+}$, сопровождающееся тушением, происходит лишь при расстояниях ~ 4 Å (расстоя-

ние между ионами Nd^{3+} в парном центре $\sim 3,8 \text{ \AA}$). Вероятность же безызлучательной передачи энергии от одиночных центров Nd^{3+} к другим центрам, находящимся на расстояниях $> 4 \text{ \AA}$ (в третьей и более далеких координационных сферах) мала, о чем свидетельствует слабая зависимость $\tau_{изл}$ центров L от концентрации Nd^{3+} .

Таким образом, концентрационное тушение люминесценции Nd^{3+} в кристаллах CaF_2 обусловлено ассоциацией ионов Nd^{3+} с образованием парных центров. По мере повышения концентрации Nd^{3+} концентрации пар резко возрастают и соответственно растет балластное, неактивное поглощение, снижающее η . Кроме того, из-за частичного перекрытия линий поглощения одиночных и парных центров снижается доля света, попадающая на люминесцирующие одиночные центры. Предварительные опыты показывают, что аналогичную природу тушение Nd^{3+} имеет и в других кристаллах.

Физический институт
им. П. Н. Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
25 февраля 1967 г.

Литература

- [1] Ю. К. Воронько, А. А. Каминский, В. В. Осико. ЖЭТФ, 49, 724, 1965.
- [2] Ю. К. Воронько, А. А. Каминский, В. В. Осико. ЖЭТФ, 49, 420, 1965.
- [3] Н. Е. Каск, Л. С. Корниенко, М. Факир. ФТТ, 6, 549, 1964.