

## ОСОБЕННОСТИ АНТИСТОКСОВОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ С УРОВНЯ $^4S_{3+2}$ В ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛАХ $Y_3Al_5O_{12}-Er^{3+}$

В.И. Жеков, Т.М. Мурина, А.В. Попов, А.М. Прохоров

*Исследована антистоксова люминесценция ионов  $Er^{3+}$  в кристаллах  $Y_3Al_5O_{12}$  при возбуждении в электронно-колебательные крылья, обусловленные поглощением и излучением фононов ( $^4I_{15/2} - ^4I_{11/2}$ ). Высказано предположение, что поглощение в длинноволновой части спектра обусловлено ионами  $Er^{3+}$ , находящимися в макродефектах кристалла.*

Коэффициенты объемного поглощения и рассеяния в кристаллах  $Y_3Al_5O_{12}-Er^{3+}$  (10 – 100%) на длине волны генерации ( $\lambda = 2,94$  мкм) составляют  $(2 - 4) \cdot 10^{-4} \text{ см}^{-1}$  и менее /1, 2/, что говорит об их высоком оптическом качестве. Однако в этих кристаллах обнаружены частицы размером 0,5 – 0,1 мкм, обладающие большими коэффициентами поглощения, которые являются опасными источниками лазерного разрушения кристаллов /3/. Образование таких частиц в процессе роста кристаллов может быть связано с взаимодействием ионов  $Er^{3+}$  с неконтролируемыми примесями /4/. Объем, занимаемый частицами с размером 0,5 – 0,1 мкм, составляет  $10^{-3} - 10^{-4}$  от полного объема кристалла /2/. Поэтому наблюдать поглощение ионов  $Er^{3+}$  в этих частицах методом абсорбционной спектроскопии возможно только в высококонцентрированных кристаллах большого размера.

В данной работе впервые в спектрах поглощения межмультиплетных переходов  $^4I_{15/2} - ^4I_a$  ( $a = 13/2, 11/2, 9/2$ ),  $^4F_{9/2}, ^4S_{3/2}$  кристаллов  $Y_{1,5}Er_{1,5}Al_5O_{12}$  ( $l = 10$  см), полученных при комнатной температуре на спектрометре СДЛ-1, обнаружены линии поглощения, расположенные в более длинноволновой области спектра, чем линии, соответствующие самым длинноволновым межштарковским переходам ионов  $Er^{3+}$ , находящихся в позиции с (рис. 1). Коэффициенты поглощения этих линий на два порядка меньше коэффициентов поглощения центров типа А и Р /5 – 7/, и эти линии лежат в другом спектральном диапазоне. Их ширина составляет  $15 - 20 \text{ см}^{-1}$ .

Наблюдаемые линии могут быть связаны с переходами между электронными уровнями ионов  $Er^{3+}$ , находящихся в позиции с, с одновременным поглощением фонона, либо с поглощением  $Er^{3+}$ , находящегося в частицах субмикронного размера.

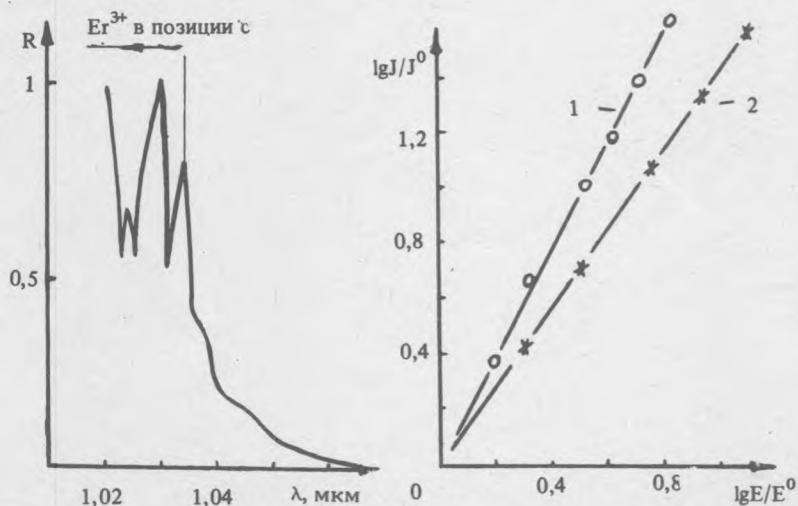


Рис. 1. Спектр поглощения кристаллов  $Y_{1,5}Er_{1,5}Al_5O_{12}$  ( $l = 10$  см,  $T = 300$  К) в области перехода  $^4I_{15/2} - ^4I_{11/2}$ .

Рис. 2. Зависимость интенсивности ( $J$ ) антистоксовой люминесценции ионов  $Er^{3+}$  с уровня  $^4S_{3/2}$  от энергии ( $E$ ) возбуждающего излучения YAG-Nd<sup>3+</sup>-лазера с длиной волны 1,064 (1) и 0,946 мкм (2).

В высококонцентрированных кристаллах  $Y_3Al_5O_{12}-Er^{3+}$  ( $Er^{3+} \geq 10\%$ ) при плотностях возбужденных ионов на уровне  ${}^4I_{11/2}$  порядка  $10^{19} \text{ см}^{-3}$  наблюдается антистоксова люминесценция с уровня  ${}^4S_{3/2}$ , связанная с кросс-релаксационными переходами  ${}^4I_{11/2} - {}^4I_{15/2}$ ,  ${}^4I_{11/2} - {}^4F_{7/2}$  [8].

Исследование антистоксовой люминесценции проводилось при возбуждении кристаллов  $Y_{1,5}Er_{1,5}Al_5O_{12}$  в полосы поглощения, соответствующие ионам  $Er^{3+}$ , находящимся в позиции с  $\lambda = 0,946 \text{ мкм}$ , и в области поглощения новых линий ( $\lambda = 1,06 \text{ мкм}$ ). Излучение YAG-Nd<sup>3+</sup> лазера фокусировалось в центр образца линзой с фокусным расстоянием  $F = 40 \text{ мм}$ . Диаметр луча в образце составлял  $0,1 - 0,15 \text{ мм}$ . Люминесценция  $Er^{3+}$  с уровня  ${}^4S_{3/2}$  регистрировалась фотоумножителем ФЭУ-62 с помощью осциллографа С8-13. Плотность возбуждения ионов  $Er^{3+}$  на обеих длинах волн была постоянной.

На рис. 2 приведены зависимости интенсивности антистоксовой люминесценции иона  $Er^{3+}$  в  $Y_3Al_5O_{12}$  с уровня  ${}^4S_{3/2}$  от энергии накачки при возбуждении кристалла излучением с  $\lambda = 1,06$  и  $0,946 \text{ мкм}$ , которые резко отличаются.

Таким образом, наблюдаемые новые линии поглощения в кристаллах  $Y_{1,5}Er_{1,5}Al_5O_{12}$  по-видимому принадлежат ионам  $Er^{3+}$ , находящимся в локальных дефектах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Багдасаров Х. С. и др. Тезисы докладов V Всесоюзной конференции "Оптика лазеров", изд. ГОИ, Ленинград, 1987, с. 264.
2. Жеков В. И. и др. Письма в ЖЭТФ, **45**, 277 (1987).
3. Норрег R. W., Ухлманн D. R. J. Appl. Phys., **41**, 4023 (1970).
4. Багдасаров Х. С. и др. Тезисы докладов VII Всесоюзной конференции по росту кристаллов, изд. ВИНТИ, М., 1988, т. 3, с. 386.
5. Воронько Ю. К., Соболев А. А. Труды ФИАН, **98**, 41 (1977).
6. Агладзе Н. И., Багдасаров Х. С., Виноградов Е. А. Кристаллография, **33**, 912 (1988).
7. Джеорджеску Ш. и др. ФТТ, **26**, 1537 (1984).
8. Жеков В. И. и др. Квантовая электроника, **13**, 419 (1986).

Институт общей физики АН СССР

Поступила в редакцию 21 июня 1989 г.