АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗВЕСТИЯ
АКАДЕМИИ НАУК СССР
СЕРИЯ ФИЗИЧЕСКАЯ

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

7

МОСКВА · 1984

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР

Т. 48, № 7 СЕРИЯ ФИЗИЧЕСКАЯ 1984

УДК 621.3.038.825

М. Х. АШУРОВ, Е. В. ЖАРИКОВ, В. В. ЛАПТЕВ, И. Н. НАСЫРОВ,
В. В. ОСИКО, А. М. ПРОХОРОВ, П. К. ХАБИБУЛЛАЕВ и И. А. ЩЕРБАКОВ

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ ХРОМА И НЕОДИМА НА ОБРАЗОВАНИЕ ЦЕНТРОВ ОКРАСКИ В КРИСТАЛЛАХ ГАДОЛИНИЙ-СКАНДИЙ-ГАЛЛИЕВОГО ГРАНАТА

В работе [1] была предложена новая активная среда, обеспечивающая высокие энергетические характеристики твердотельных лазеров [2, 3],— кристалл гадолиний-скандий-галлиевого граната, активированный хромом и неодимом $\{Gd_{1-x}Nd_x\}_3[(ScGa)_{1-y}Cr_y]_2Ga_3O_{12}$ (ГСГГ: Cr^{3+}, Nd^{3+}). Высокая эффективность генерации достигается за счет эффекта сенсибилизации ионов неодима ионами хрома.

Важной характеристикой активной среды является ее радиационная стойкость, т. е. способность не образовывать центры окраски под воздействием облучения жесткими квантами. Ионы хрома и неодима, являющиеся неотъемлемой составляющей нового лазерного кристалла, образуют локальные состояния в его запрещенной зоне, которые в принципе могут как способствовать, так и препятствовать образованию центров окраски.

Целью настоящей работы является исследование влияния ионов Cr^{3+} и Nd^{3+} на радиационную стойкость кристалла ГСГГ. Перечень исследованных образцов и концентрация ионов хрома и неодима в них приведены в таблице. Кристаллы облучались источником γ-излучения ^{60}Co мощ-

Кристалл	C_{Nd}, 10^{20} см$^{-3}$	C_{Cr}, 10^{20} см$^{-3}$	Кристалл	C_{Nd}, 10^{20} см$^{-3}$	C_{Cr}, 10^{20} см$^{-3}$
ГСГГ	–	–	ГСГГ: Cr^{3+}	–	1
ГСГГ: Nd^{3+}	2	–	ГСГГ: Cr^{3+}, Nd^{3+}	2	2

ностью 600 Р·с$^{-1}$ до дозы $5\cdot10^5$ Р при температурах 300 и 77 К. Спектры поглощения регистрировались в диапазоне 340—700 нм до и после γ-облучения. Температура разрушения центров захвата зарядов, обусловленных структурными дефектами кристаллов, определялась методом кривых термовысвечивания. Регистрация свечения центров рекомбинации осуществлялась в области 250—1200 нм.

1. Неактивированные кристаллы ГСГГ приобретали бурую окраску как при облучении при 77 К, так и в несколько меньшей степени при 300 К (рис. 1, кривая *1*). Разрушаемые при нагреве от 77 до 300 К центры захвата, обусловленные неконтролируемыми примесями и собственными дефектами, вызывают интенсивное свечение кристаллов в области 250—400 нм. Кривым термовысвечивания свойствен ряд максимумов, в том числе и максимумы, расположенные при температуре выше комнатной (рис. 2, *а*).

2. Кристаллы ГСГГ: Nd^{3+} под действием γ-облучения также окрашиваются в большей степени при 77 К, чем при 300 К. Однако интенсивность наведенной окраски несколько уменьшается по сравнению с неактивированным кристаллом (рис. 1, кривая *2*). Кривые термовысве-

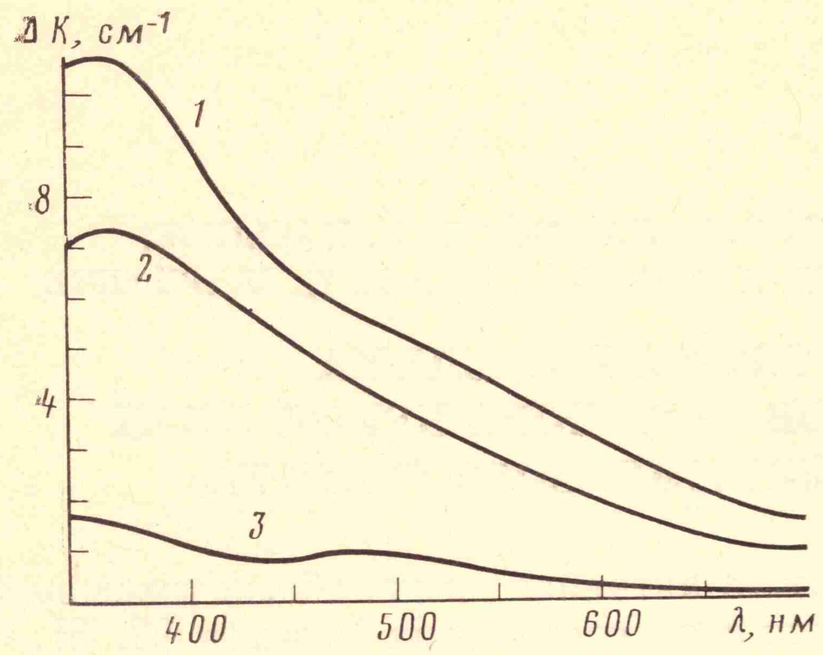

Рис. 1

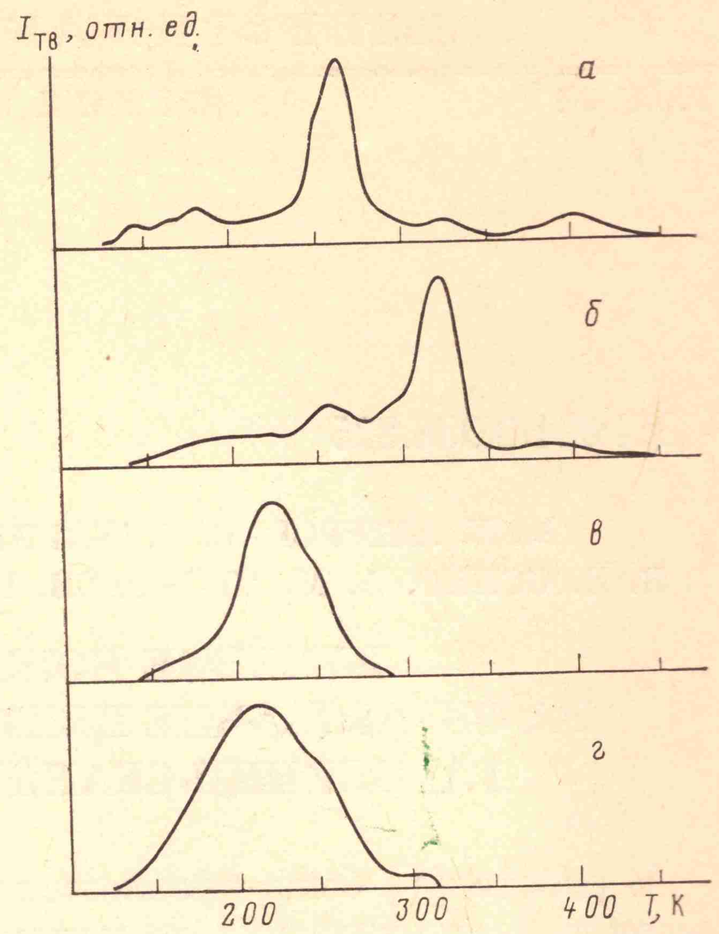

Рис. 2

Рис. 1. Спектры дополнительного поглощения γ-облученных кристаллов ГСГГ: *1* – неактивированный кристалл; *2* – кристалл с Nd^{3+}; *3* – кристалл с Cr^{3+}

Рис. 2. Кривые термовысвечивания кристаллов ГСГГ: *а* – неактивированный кристалл, *б* – кристалл с Nd^{3+}, *в* – кристалл с Cr^{3+}, *г* – кристалл с Cr^{3+}, Nd^{3+}

чивания кристалла ГСГГ: Nd^{3+} приведены на рис. 2, *б*. Присутствие ионов неодима приводит к перераспределению интенсивностей полос термовысвечивания, однако, что существенно, ионы неодима практически не приводят к появлению дополнительных полос при температуре выше комнатной.

3. Кристаллы ГСГГ: Cr^{3+} подвержены γ-окрашиванию в значительно меньшей степени. После облучения при температуре 300 К появляется лишь слабая полоса поглощения с максимумом 490 нм (рис. 1, кривая *3*), обусловленная центрами захвата, образованными ионами хрома. Радикальным оказывается влияние ионов хрома и на кривые термовысвечивания. Так, его введение подавляет свечение в синей области спектра и приводит к яркому свечению в красной. Представляются существенными два факта: а) ионы хрома практически не приводят к появлению дополнительных пиков термовысвечивания, расположенных при температуре выше комнатной (рис. 2, *в*); б) ионы хрома подавляют полосы термовысвечивания, расположенные при температуре выше комнатной и обусловленные неконтролируемыми примесями и собственными дефектами кристалла. Спектр рекомбинационного свечения кристалла идентичен спектру внутрицентровой люминесцении ионов хрома.

4. Кристаллы ГСГГ: Cr^{3+}, Nd^{3+} после γ-облучения приобретают слабую наведенную окраску при 77 К и практически не окрашиваются при 300 К, во всяком случае в области $\lambda > 390$ нм, представляющей интерес с точки зрения генерации этого кристалла. Ионы Nd^{3+} подавляют слабую полосу поглощения в области 490 нм, связанную с центрами захвата, образованными ионами хрома. Интенсивное свечение γ-облученного при 77 К кристалла ГСГГ: Cr^{3+}, Nd^{3+} при повышении температуры от 77 до 300 К наблюдается в красной области спектра. Максимум кривой термовысвечивания соответствует температуре 215 К (рис. 2, *г*). Наблюдаемая полоса термовысвечивания представляет собой наложение полос, связанных с высвечиванием центров захвата, обусловленных ионами хрома и неодима. Спектр рекомбинационного свечения кристалла ГСГГ: Cr^{3+}, Nd^{3+} соответствует спектрам внутрицентровой люминесценции ионов хрома и неодима.

Таким образ
стойкость крист
поглощения (λ=
Следовательно, и
частицы лазера,
окраски.

Выполненные
энергетические х
Nd^{3+}, работающе
ны ухудшаться и
γ-облучения.

Институт общей фи
Академии наук ССС
Институт ядерной
Академии наук УзС

1. *Жариков Е. В.,*
Квантовая элек
2. *Жариков Е. В.,*
т. 9, с. 2531.
3. *Жариков Е. В.,*
Квантовая элек

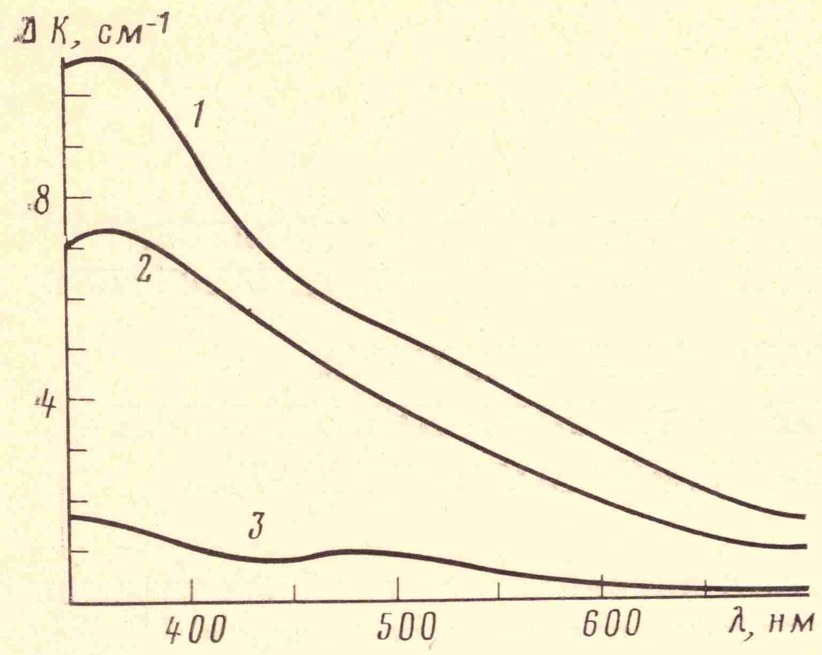

Рис. 1

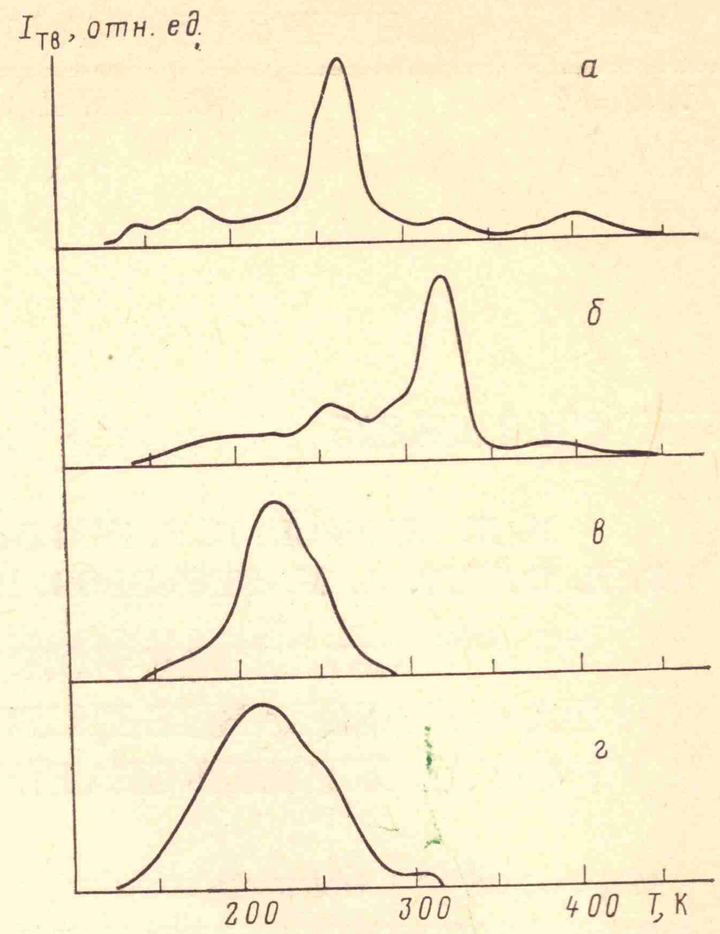

Рис. 2

Рис. 1. Спектры дополнительного поглощения γ-облученных кристаллов ГСГГ: *1* – неактивированный кристалл; *2* – кристалл с Nd^{3+}; *3* – кристалл с Cr^{3+}

Рис. 2. Кривые термовысвечивания кристаллов ГСГГ: *а* – неактивированный кристалл, *б* – кристалл с Nd^{3+}, *в* – кристалл с Cr^{3+}, *г* – кристалл с Cr^{3+}, Nd^{3+}

чивания кристалла ГСГГ: Nd^{3+} приведены на рис. 2, *б*. Присутствие ионов неодима приводит к перераспределению интенсивностей полос термовысвечивания, однако, что существенно, ионы неодима практически не приводят к появлению дополнительных полос при температуре выше комнатной.

3. Кристаллы ГСГГ: Cr^{3+} подвержены γ-окрашиванию в значительно меньшей степени. После облучения при температуре 300 К появляется лишь слабая полоса поглощения с максимумом 490 нм (рис. 1, кривая *3*), обусловленная центрами захвата, образованными ионами хрома. Радикальным оказывается влияние ионов хрома и на кривые термовысвечивания. Так, его введение подавляет свечение в синей области спектра и приводит к яркому свечению в красной. Представляются существенными два факта: а) ионы хрома практически не приводят к появлению дополнительных пиков термовысвечивания, расположенных при температуре выше комнатной (рис. 2, *в*); б) ионы хрома подавляют полосы термовысвечивания, расположенные при температуре выше комнатной и обусловленные неконтролируемыми примесями и собственными дефектами кристалла. Спектр рекомбинационного свечения кристалла идентичен спектру внутрицентровой люминесцении ионов хрома.

4. Кристаллы ГСГГ: Cr^{3+}, Nd^{3+} после γ-облучения приобретают слабую наведенную окраску при 77 К и практически не окрашиваются при 300 К, во всяком случае в области $\lambda > 390$ нм, представляющей интерес с точки зрения генерации этого кристалла. Ионы Nd^{3+} подавляют слабую полосу поглощения в области 490 нм, связанную с центрами захвата, образованными ионами хрома. Интенсивное свечение γ-облученного при 77 К кристалла ГСГГ: Cr^{3+}, Nd^{3+} при повышении температуры от 77 до 300 К наблюдается в красной области спектра. Максимум кривой термовысвечивания соответствует температуре 215 К (рис. 2, *г*). Наблюдаемая полоса термовысвечивания представляет собой наложение полос, связанных с высвечиванием центров захвата, обусловленных ионами хрома и неодима. Спектр рекомбинационного свечения кристалла ГСГГ: Cr^{3+}, Nd^{3+} соответствует спектрам внутрицентровой люминесценции ионов хрома и неодима.

Таким образом, ионы хрома существенно повышают радиационную стойкость кристалла ГСГГ, а ионы неодима подавляют слабую полосу поглощения (λ=490 нм) центров захвата, связанных с ионами хрома. Следовательно, ионы хрома и неодима выступают не только как рабочие частицы лазера, но и предотвращают возникновение паразитных центров окраски.

Выполненные нами исследования позволяют сделать вывод о том, что энергетические характеристики лазера на основе кристалла ГСГГ: Cr^{3+}, Nd^{3+}, работающего при комнатной и более высокой температуре, не должны ухудшаться из-за образования центров окраски в активной среде после γ-облучения.

Институт общей физики
Академии наук СССР
Институт ядерной физики
Академии наук УзССР

Литература

1. *Жариков Е. В., Ильичев Н. Н., Лаптев В. В. и др.* Препринт ФИАН, № 14, 1982; Квантовая электроника, 1983, т. 10, с. 140.
2. *Жариков Е. В., Житнюк В. А., Зверев Г. М. и др.* Квантовая электроника, 1982, т. 9, с. 2531.
3. *Жариков Е. В., Житкова М. Б., Зверев Г. М. и др.* Препринт ФИАН, № 162, 1983; Квантовая электроника, 1983, т. 10, с. 1961.