ДОКЛАДЫ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

1985

ТОМ 282 № 5

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

Доклады Академии наук СССР
1985. Том 282, № 5

УДК 535.34, 539.12.04 ФИЗИКА

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

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ ХРОМА НА ОБРАЗОВАНИЕ ЦЕНТРОВ ОКРАСКИ В КРИСТАЛЛАХ СО СТРУКТУРОЙ ГРАНАТА

Одной из важных характеристик активной среды твердотельных лазеров является ее радиационная стойкость, т.е. способность не изменять своих оптических свойств после облучения жесткими квантами. Известный способ повышения радиационной стойкости активных сред заключается в добавлении в матрицу некоторых примесных ионов, например, ионов церия [1].

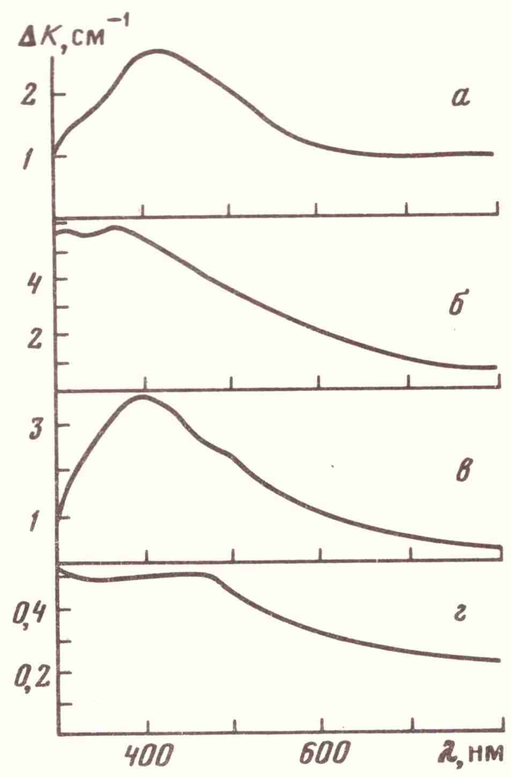
В последнее время синтезированы новые высокоэффективные лазерные материалы – кристаллы гадолиний-галлиевого граната (ГГГ), гадолиний–скандий-галлиевого граната (ГСГГ), иттрий-скандий-галлиевого граната (ИСГГ) и некоторые другие, соактивированные, кроме основных ионов-активаторов, также ионами хрома, имеющими две широкие полосы собственного поглощения в диапазоне излучения лампы накачки с максимумами около 450 и 650 нм [2–13]. Из-за особенностей расположения энергетических уровней ионов Cr^{3+} в этих кристаллах происходит эффективная передача энергии от возбужденных ионов Cr^{3+} к трехвалентным ионам редкоземельных элементов и, в частности, к ионам Nd^{3+} и Er^{3+}, что значительно повышает энергетические параметры твердотельных лазеров.

В настоящей работе исследовано влияние ионов хрома на образование центров окраски в кристаллах со структурой граната, в частности, в кристаллах ГГГ, ГСГГ, ИСГГ и наиболее широко распространенных в настоящее время кристаллах иттрий-алюминиевого граната (ИАГ).

Исследуемые образцы облучались γ-излучением источника ^{60}Co мощностью 600 Р/с до дозы $5 \cdot 10^5$ Р. Появление центров окраски регистрировалось при 300 К путем снятия спектров поглощения в диапазоне 300–800 нм до и после облучения.

Таблица 1

Кристалл	Концентрация, $см^{-3}$		
	Nd	Er	Cr
ГГГ	$2 \cdot 10^{20}$	–	–
ГГГ	$2 \cdot 10^{20}$	–	$6 \cdot 10^{19}$
ГСГГ	$2 \cdot 10^{20}$	–	–
ГСГГ	$2 \cdot 10^{20}$	–	$2 \cdot 10^{20}$
ИСГГ	–	$4 \cdot 10^{21}$	–
ИСГГ	–	$4 \cdot 10^{21}$	$2 \cdot 10^{20}$
ИАГ	10^{20}	–	–
ИАГ	10^{20}	–	$2 \cdot 10^{20}$



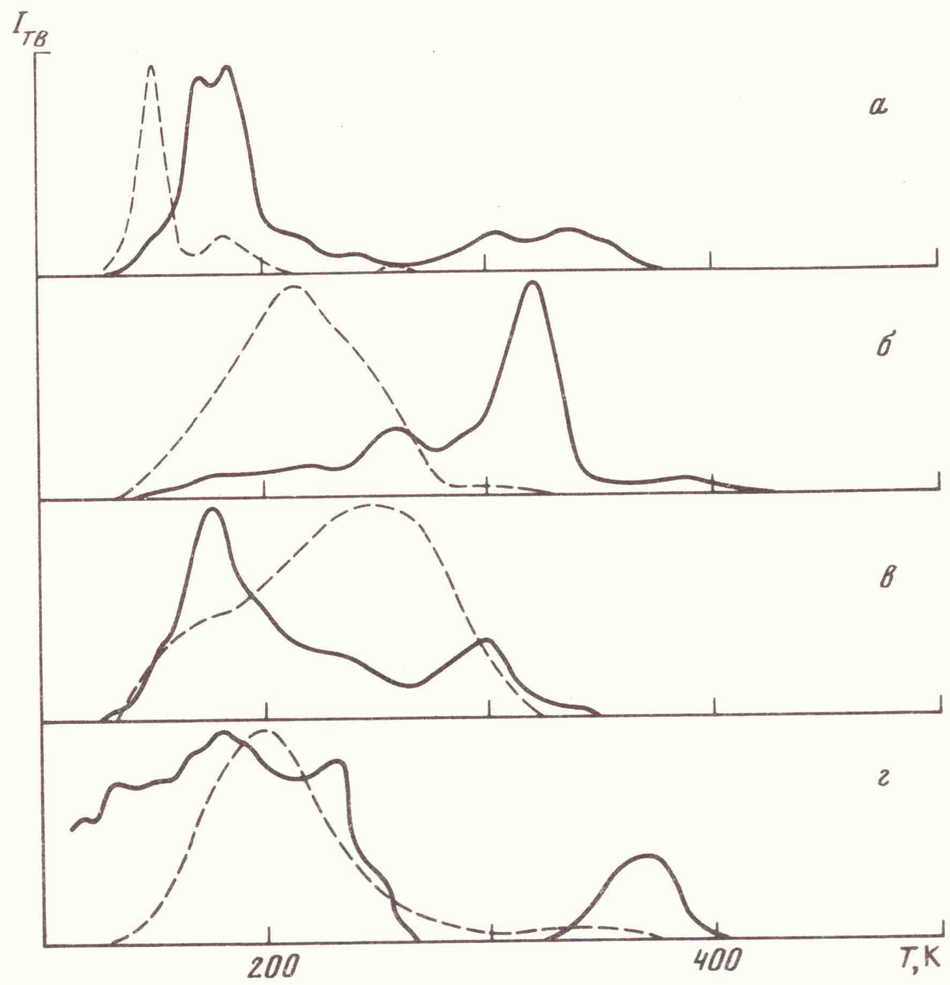


Рис. 1. Спектры наведенного поглощения γ-облученных при 300 К дозой $5 \cdot 10^5$ Р кристаллов ГГГ–Nd^{3+} (*а*), ГСГГ–Nd^{3+} (*б*), ИСГГ–Er^{3+} (*в*), ИАГ–Nd^{3+} (*г*)

Рис. 2. Кривые термовысвечивания γ-облученных при 77 К дозой $5 \cdot 10^5$ Р кристаллов ГГГ (*а*), ГСГГ (*б*), ИСГГ (*в*), ИАГ (*г*). Сплошные линии – кристаллы, активированные ионами Nd^{3+} (*а, б, г*) и Er^{3+} (*в*), штриховые – соактивированные ионами Cr^{3+}

Температура разрушения центров захвата зарядов определялась методом кривых термовысвечивания в области 100–500 К. Регистрация свечения центров рекомбинации осуществлялась в диапазоне 200–1600 нм.

Кристаллы для исследований были выращены методом Чохральского. Перечень кристаллов и содержание в них примесных ионов приведены в табл. 1. Все исследованные кристаллы, не содержащие ионы Cr^{3+}, после γ-облучения при 300 К окрашиваются. Спектры наведенного поглощения представлены на рис. 1. Были также получены кривые термовысвечивания для кристаллов, облученных при T = 77 К. Рекомбинационное свечение этих кристаллов наблюдалось в области 200–400 нм. Кривые термовысвечивания содержат ряд пиков, в том числе и при температурах выше комнатной (рис. 2).

Кристаллы, соактивированные ионами хрома, в результате γ-облучения при T = 300 К дополнительной окраски в области длин волн более 300 нм практически не приобретают. Пики термовысвечивания таких кристаллов лежат при температурах ниже комнатной (рис. 2). Спектр их рекомбинационного свечения соответствует спектру внутрицентровой люминесценции активаторов.

Таким образом, ионы хрома препятствуют образованию центров окраски в результате γ-облучения при комнатной и более высоких температурах в области длин волн более 300 нм не только в кристаллах ГСГГ–Cr^{3+}, Nd^{3+} [10, 12], но и в других кристаллах со структурой граната, т.е. выявленное нами свойство ионов Cr^{3+} повышать радиационную стойкость является общим. Причиной этого может быть успешная конкуренция в захвате зарядов между достаточно мелкими ловушками, создаваемыми ионами хрома, и остальными более глубокими и не связанными с хромом дефектами кристалла.

Существенно, что в кристаллах редкоземельных галлиевых гранатов ионы Cr^{3+} совмещают две важные функции: выступают в качестве эффективных доноров энергии и реализуют высокую радиационную стойкость активных элементов. В кристалле ИАГ эффективность сенсибилизации люминесценции неодима ионами хрома невысока, однако введение ионов хрома полезно с точки зрения повышения радиационной стойкости этих кристаллов. Введение ионов хрома может оказаться полезным также и для кристаллов, применяемых в качестве материала подложки.

Институт общей физики
Академии наук СССР, Москва

Институт ядерной физики
Академии наук УзССР, Ташкент

Поступило
21 XII 1984

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ковалева Н.С., Иванов А.О., Дубровина Э.П.* – Квант. электрон., 1981, т. 8, № 11, с. 2433–2438. 2. *Жариков Е.В., Ильичев Н.Н., Лаптев В.В. и др.* – Там же, 1982, т. 9, № 3, с. 568–573. 3. *Жариков Е.В., Ильичев Н.Н., Лаптев В.В. и др.* – Там же, 1983, т. 10, № 1, с. 140–144; Препринт ФИАН, 1982, № 14. 4. *Pruss D., Huber G., Beimowski A. et al.* – Appl. Phys., 1982, vol. B28, № 7, p. 355–358. 5. *Struve B., Huber G., Laptev V.V. et al.* – Ibid., 1983, vol. B30, № 3, p. 117–120. 6. *Жариков Е.В., Ильичев Н.Н., Калитин С.П. и др.* – Квант. электрон., 1983, т. 10, № 9, с. 1916–1919; Препринт ФИАН, 1983, № 20. 7. *Жариков Е.В., Лаврищев С.В., Лаптев В.В. и др.* – Квант. электрон., 1984, т. 11, № 3, с. 487–492; Препринт ФИАН, 1983, № 108. 8. *Жариков Е.В., Калитин С.П., Лаптев В.В. и др.* Тез. докл. IV Всес. конф. Оптика лазеров. (Л., 13–18 января 1984), 1983, с. 246–247; Препринт ФИАН, 1983, № 196. 9. *Жариков Е.В., Осико В.В., Прохоров А.М., Щербаков И.А.* – Изв. АН СССР. Сер. физ., 1984, т. 48, № 7, с. 1330–1342. 10. *Ашуров М.Х., Жариков Е.В., Лаптев В.В. и др.* – Там же, с. 1343–1345. 11. *Жариков Е.В., Житнюк В.А., Куратев И.И. и др.* – Там же, с. 1346–1348. 12. *Жариков Е.В., Куратев И.И., Лаптев В.В. и др.* – Там же, с. 1351–1353. 13. *Жариков Е.В., Ильичев Н.Н., Калитин С.П. и др.*– Там же, с. 1354–1358.

УДК 533.95 ФИЗИКА

В.В. ВИХРЕВ, В.В. ИВАНОВ

О РАСПРОСТРАНЕНИИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБЛАСТИ ПЛАЗМЫ ВДОЛЬ *Z*-ПИНЧА

(Представлено академиком Г.В. Курдюмовым 12 VI 1984)

В настоящее время известно, что в перетяжках *Z*-пинча образуется высокотемпературная плазма [1]. Появление высокотемпературной плазмы в перетяжках связано с тем, что в каждом сечении *Z*-пинча в процессе сжатия выполняется условие радиального квазиравновесия (условие Беннета):

$$NT = \frac{I^2}{4c^2}, \tag{1}$$

где I – ток, T – температура, N – количество ионов в сечении пинча. Вытекание плазмы из перетяжек уменьшает количество частиц в сечении в области перетяжек и тем самым приводит к повышению температуры там до термоядерных значений.