

Х. С. БАГДАСАРОВ, Г. А. БОГОМОЛОВА, А. А. КАМИНСКИЙ,
А. М. КЕВОРКОВ, Л. ЛИ, академик А. М. ПРОХОРОВ,
С. Э. САРКИСОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ СТИМУЛИРОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
КРИСТАЛЛОВ $\text{Lu}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ С ИОНАМИ Nd^{3+}
НА ПЕРЕХОДАХ ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$ И ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{13/2}$

Найдены условия и синтезированы расплавленным методом монокристаллы $\text{Lu}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ с примесью TR^{3+} ионов со структурой граната (пространственная группа $O_h^{10}-Ia3d$), образующиеся в оксидной системе $\text{Lu}_2\text{O}_3-\text{Ga}_2\text{O}_3$ с соотношением компонентов 3 : 5. В настоящей работе мы сообщаем об открытии

Таблица 1

Мультиплет	Положение штарковских уровней при 77° К, см ⁻¹	Количество компонент		ΔE , см ⁻¹
		теор.	эксп.	
${}^4I_{9/2}$	0, 97, 185, 259, 777	5	5	777
${}^4I_{11/2}$	1996, 2010, 2065, 2074, 2411, 2438	6	6	442
${}^4I_{13/2}$	3930, 4000, 4016, 4030*, 4390, 4435	7	6	505*
${}^4I_{15/2}$	5765, 5820, 5913, 5928, 5940, 6513, 6556, 6655	8	8	890
${}^4F_{3/2}$	11442, 11485	2	2	43

Примечание. Значение энергий, отмеченное звездочкой, требует уточнения.

Таблица 2

Переход	λ_r , мкм	T, °К	E_p , дж	$\Delta\nu_{\text{лиом}}$, см ⁻¹	E_R , см ⁻¹
${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$	1,0594* В	300	—	~ 9	~ 1990
	1,0609 Б		8	~ 9	~ 2005
	1,0623 А		1,5	~ 9	~ 2060
	1,0587 В	77	8	4	1996
	1,06025 Б		4,5	4	2010
	1,0615 А		10	4,5	2065
${}^3F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{13/2}$	1,3315	300	6	~ 13	~ 3930

Примечания. 1) Линия, длина волны которой отмечена звездочкой, зарегистрирована в ОКГ с к.а.с. (см. рис. 1). 2) $\Delta\nu_{\text{лиом}}$ — ширина линии люминесценции по уровню 0,5; E_R — положение конечного лазерного уровня.

эффекта импульсного стимулированного излучения ионов Nd^{3+} в $\text{Lu}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ при 77 и 300° К на новых линиях переходов ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$ (см. рис. 1, где для сравнения также приведены спектры генерации кристалла $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}-\text{Nd}^{3+}$) и ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{13/2}$ и приводим результаты идентификации зарегистрированных индуцированных переходов.

Спектроскопические свойства кристаллов $\text{Lu}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}-\text{Nd}^{3+}$ поясняются схемами кристаллического расщепления мультиплетов ${}^4F_{3/2}$ и ${}^4I_{9/2-13/2}$ с соответствующими спектрами люминесценции и поглощения, которые показаны на рис. 2—4. Найденные при 77° К положения штарковских уровней ионов

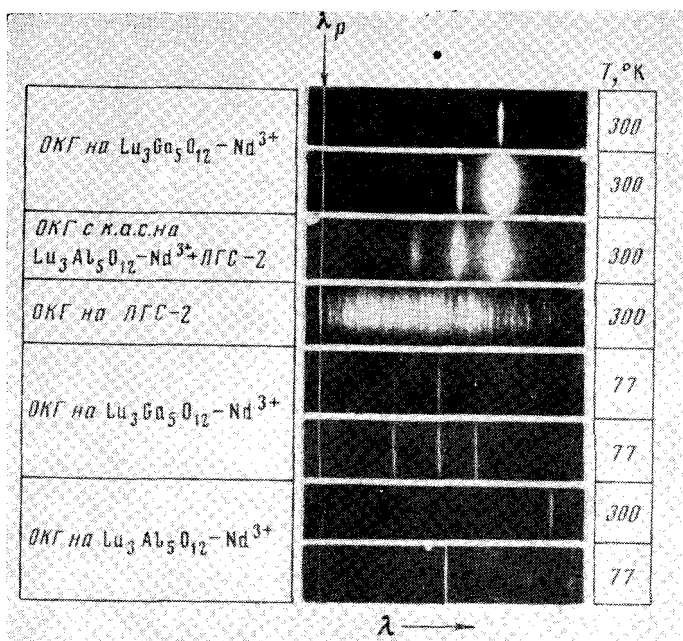


Рис. 1. Спектры стимулированного излучения кристаллов $\text{Lu}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$, $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ и стекла ЛГС-2 с ионами Nd^{3+} (переход ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$). Стрелкой указана реперная линия с $\lambda_p = 10561 \text{ \AA}$

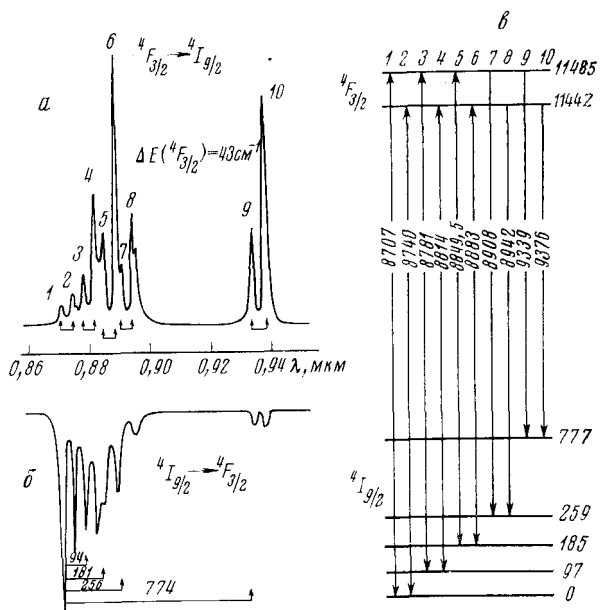


Рис. 2. а — спектр люминесценции (77°K), б — спектр поглощения (300°K) и в — схема кристаллического расщепления состояний ${}^4F_{3/2}$ и ${}^4I_{9/2}$ ионов Nd^{3+} в $\text{Lu}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ (77°K). Линии на спектрах и переходы на схеме связаны поясняющей нумерацией. Прямыми скобками и стрелками на спектрах показаны расщепление мультиплета ${}^4F_{3/2}$ и положение уровней основного состояния ${}^4I_{9/2}$. Положение уровней на схеме дано в см^{-1} , а переходы между ними — в Å

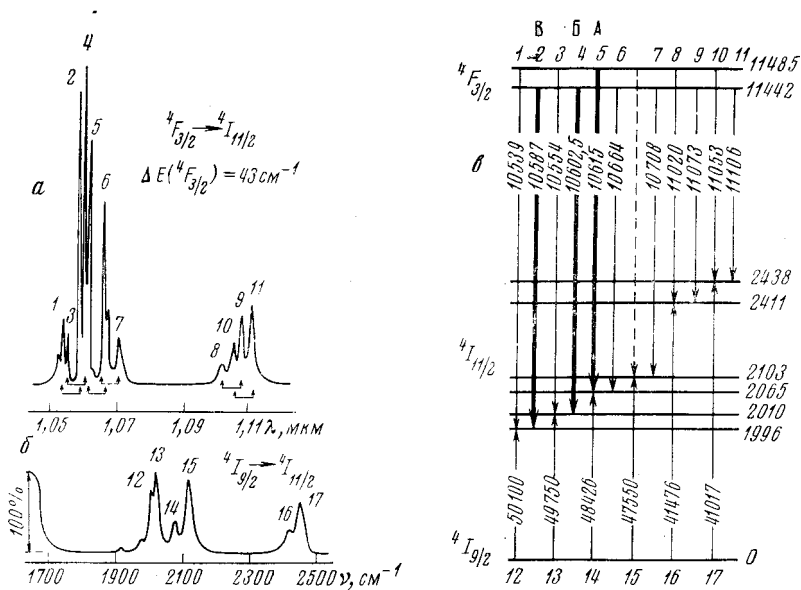


Рис. 3. а — спектр люминесценции (77° К), б — спектр поглощения (90° К) и в — схема кристаллического расщепления состояний $^4F_{3/2}$ и $^4I_{11/2}$ ионов Nd^{3+} в $\text{Lu}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ (77° К). Жирными стрелками на схеме обозначены индуцированные переходы. Остальные обозначения как на рис. 2

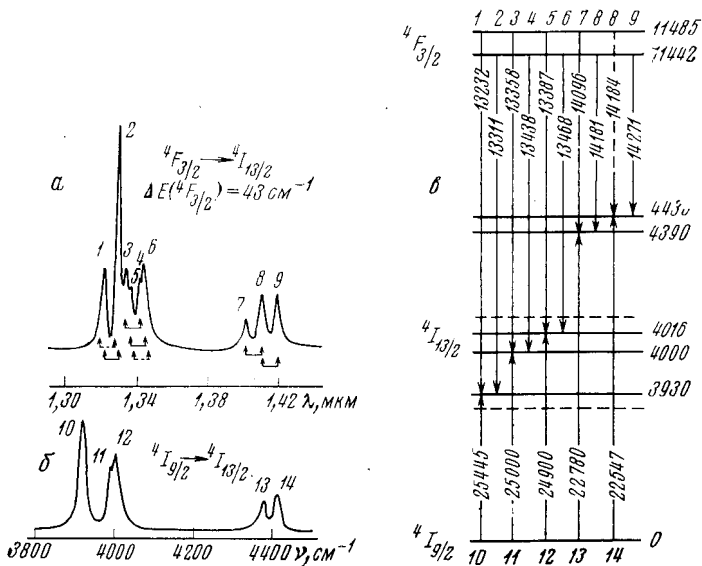


Рис. 4. а — спектр люминесценции (77° К), б — спектр поглощения (90° К) и в — схема кристаллического расщепления состояний $^4F_{3/2}$ и $^4I_{13/2}$ ионов Nd^{3+} в $\text{Lu}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ (77° К). Обозначения как на рис. 2

Nd^{3+} в $\text{Lu}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ сведены в табл. 1. Из приведенных данных следует, что величина расщепления состояния $^4F_{3/2}$ в изучаемом соединении составляет 43 cm^{-1} и равна значению аналогичного параметра кристалла $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}-\text{Nd}^{3+}$ (1). Это свидетельствует об относительно небольшом искажении кубической составляющей кристаллического поля ионов Nd^{3+} в этих соединениях по сравнению с такими широко применяемыми в квантовой электронике алюминиевыми гранатами, как $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}-\text{Nd}^{3+}$ (при 77° К $\Delta E_{\text{cr}} = 85 \text{ cm}^{-1}$ (2)) и $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}-\text{Nd}^{3+}$ ($\Delta E_{\text{cr}} = 68 \text{ cm}^{-1}$ (3)).

Сопоставление величин расщепления основного состояния ${}^4I_{9/2}$ при 77°K в кристаллах $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ($\Delta E_{41}=857\text{ см}^{-1}$), $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ($\Delta E_{41}=878\text{ см}^{-1}$) и $\text{Lu}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ ($\Delta E_{41}=777\text{ см}^{-1}$) в дополнение к сказанному выше указывает также на то, что и сила внутрикристаллического поля, действующая на ионы Nd^{3+} в нашем гадолиниевом гранате, несколько ослаблена по сравнению с полем в двух алюминиевых гранатах.

Приведенные факты находятся в качественном согласии с соотношением значений люминесцентного времени жизни метастабильного состояния ${}^4F_{3/2}$ этих трех кристаллов. У $\text{Lu}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}-\text{Nd}^{3+}$ ($\sim 0,3$ ат.%) оно при 77 и 300°K составляет 270 ± 10 мсек. Результаты спектрально-генерационных измерений $\text{Lu}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}-\text{Nd}^{3+}$ (~ 1 ат.%) содержатся в табл. 2.

Точность измерения длины волны генерации в области $1,06$ мкм составляла $\pm 0,5$ Å (фоторегистрация, ДФС-8), а в спектральном районе $1,33$ мкм ± 10 Å (фотоэлектрическая регистрация, ИК-монохроматор).

Предварительные сведения о генерации кристалла $\text{Lu}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}-\text{Nd}^{3+}$ были даны в работе (4).

Значения пороговых энергий возбуждения $E_{\text{п}}$ пересчитаны на длину кристалла.

В наших экспериментах использовались активные элементы из $\text{Lu}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}-\text{Nd}^{3+}$ диаметром 5 и длиной 23 мм с плоскопараллельными торцами ($8''$), которые помещались в эллиптический осветитель с Хе-лампой ИФП-400, окруженной фильтром из стекла марки ЖС-17. Оптический резонатор создавался внешними сферическими диэлектрическими зеркалами с $\tau=1\%$, установленными конфокально ($R=576$ мм на $\lambda\cong 1,06$ мкм и $R=600$ мм на $\lambda\cong 1,33$ мкм).

Институт кристаллографии им. А. В. Шубникова и
Физический институт им. П. Н. Лебедева
Академии наук СССР
Москва

Поступило
14 VI 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Х. С. Багдасаров, Г. А. Богомолова и др., ДАН, т. 216, № 5 (1974). ² А. А. Каминский, ЖЭТФ, т. 51, 49 (1966). ³ А. А. Каминский, В. П. Клевцов и др., Письма ЖЭТФ, т. 16, 548 (1972). ⁴ Х. С. Багдасаров, А. А. Каминский и др., ДАН, т. 216, № 4 (1974).