

УДК 621.375.826.548.55

ФИЗИКА

Х. С. Багдасаров, А. Г. Петросян

Особенности расплавных монокристаллов
 лютеций-алюминиевого граната

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляном 1/Х 1973)

В настоящее время кристаллы иттрий-алюминиевого граната ($Y_3Al_5O_{12}$) с примесью TR^{3+} широко используются в квантовых генераторах. Они характеризуются низкими порогами генерации и сравнительно высоким КПД (¹).

Синтез кристаллов $Y_3Al_5O_{12}$ проводится различными методами (²), однако наибольшее развитие получили в настоящее время методы выращивания из расплава, позволяющие получать совершенные кристаллы достаточно больших размеров. Несмотря на ряд уникальных качеств, кристаллы $Y_3Al_5O_{12}$ обладают следующим технологическим недостатком: при кристаллизации как беспримесных, так и активированных кристаллов $Y_3Al_5O_{12}$ образуется фаза $YAlO_3$, и такие примеси, как Nd^{3+} существенно увеличивают ее плотность. Это приводит к появлению в кристаллах рассеивающих частиц $YAlO_3$, имеющих показатель преломления отличный от показателя преломления $Y_3Al_5O_{12}$, ввиду различных структур этих фаз и значений коэффициента распределения Nd^{3+} . Кроме того, области с большой плотностью $YAlO_3$ служат центрами зарождения пучков дислокаций, блоков и других дефектов.

Наши предварительные ростовые исследования показали, что в системе $Lu_2O_3-Al_2O_3$, кроме соединения $Lu_3Al_5O_{12}$, других фаз, близких по составу к 3:5, не существует. В этой связи нами был предпринят комплекс ростовых исследований по изучению кристаллов лютеций-алюминиевого граната ($Lu_3Al_5O_{12}$) с примесью TR^{3+} (табл. 1).

Выращивание кристаллов было проведено методом направленной кристаллизации на аналогичной аппаратуре, описанной в работе (³), с использованием молибденовых контейнеров в атмосфере азота. Скорость выращивания подбиралась для каждого активаторного иона для получения монокристаллов (длиной до 60 мм и диаметром 14 мм) высокого оптического качества и составляла 1—5 мм/час.

Изучение интенсивностей линий в оптических спектрах и кристаллического расщепления TR^{3+} ионов в $Lu_3Al_5O_{12}$ и $Y_3Al_5O_{12}$ обнаружило

Лазерные кристаллы $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$

Ионы	Ионный радиус, Å	Коэффициент распределения	Литература
Nd^{3+}	1.04	~0,15	(4,5)
Er^{3+}	0,89	~1	(6)
Tm^{3+}	0,87	~1	(6)
Ho^{3+}	0,91	~1	(6)
Yb^{3+}	0,86	>1	(7)
Er-Tm-Ho	—	—	(6)
Er-Tm-Yb-Ho	—	—	(6)

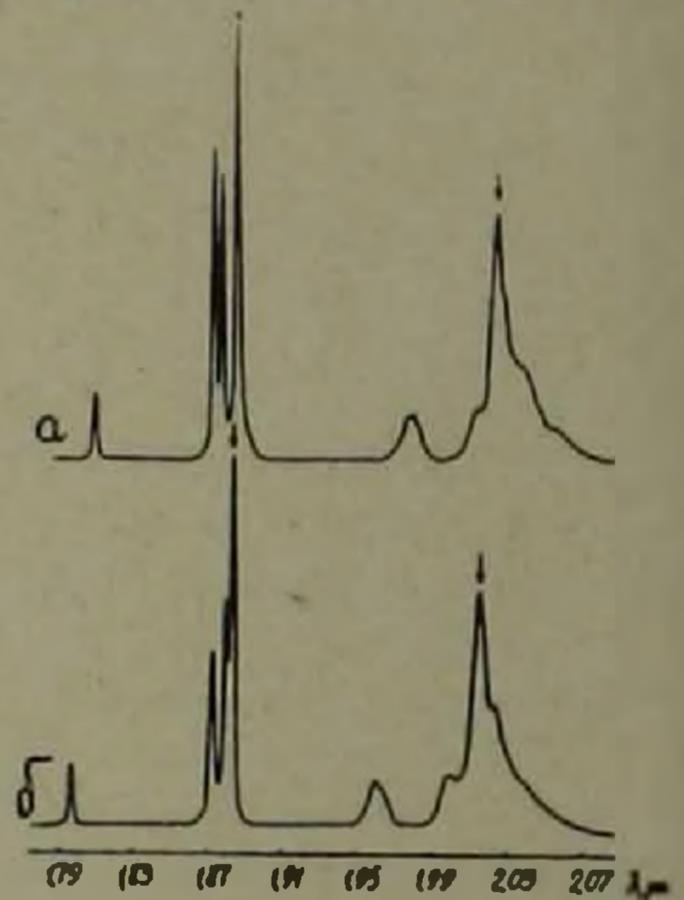


Рис. 1. Спектр люминесценции ионов Er^{3+} (переход ${}^4I_{13/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$) при 77°K в кристаллах а) $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ и б) $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$

Рис. 2. Спектр люминесценции ионов Tm^{3+} (переход ${}^3H_4 \rightarrow {}^3H_6$) при 77°K в кристаллах а) $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ и б) $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$

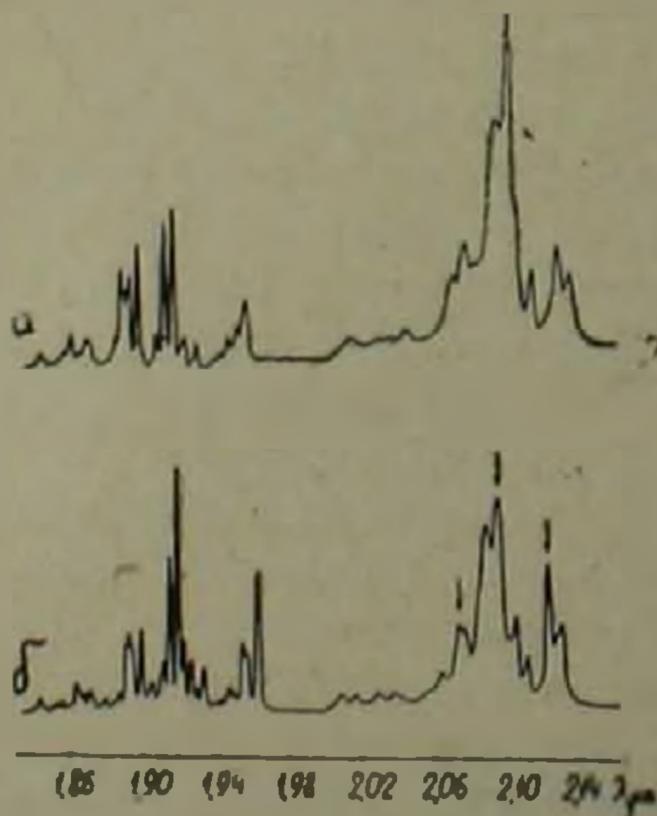


Рис. 3. Спектр люминесценции ионов Ho^{3+} (переход ${}^5I_1 \rightarrow {}^5I_8$) при 77°K в кристаллах а) $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ и б) $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$

их большое сходство (рис. 1—3). Эти данные хорошо подтверждаются результатами генерационных экспериментов (4,7).

В наших исследованиях были также получены предварительные данные по некоторым физическим свойствам $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, которые сведены в табл. 2. Туда же для сравнения включены данные по $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$.

Таблица 2

Физические свойства кристаллов

Характеристика	$\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$
Симметрия	$O_h^{10} - 1,3d$	$O_h^{10} - 1,3d$
Параметр ячейки, Å	11,92 ¹⁾ 11,93 ²⁾	12,005 ¹⁾ 12,018 ²⁾
Показатель преломления ($\lambda = 1,06\mu$)	~1,8	~1,823
Твёрдость по Моосу	~8,5	8,5
Температура плавления, °C	2000+30	1950+30
Плотность, г/см ³	~6,18	4,2
Область спектральной прозрачности, μ	0,25 — 6 ⁴⁾	0,28 — 5,3

Примечания: 1) приведенное значение соответствует неактивированным кристаллам и измерено на рентгеновской установке УРС-50 при 300°K; 2) значение, соответствующее кристаллу с содержанием 0,6 ат. % Nd^{3+} ; 3) температура плавления оценена оптическим пирометром ОППИР-017; 4) спектр пропускания $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ($l=1$ мм) измерен на приборах СФ-8 и UR-20 при 300°K.

Полученные результаты позволяют заключить, что в ряде случаев кристаллы $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ могут быть более предпочтительны, чем $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$.

Авторы выражают благодарность А. А. Каминскому за ценные обсуждения и Г. О. Шириняну за проведение рентгеновских измерений.

Институт физических исследований
Академии наук Армянской ССР

Խ. Ս. ԲԱԿՂԿԱՍԻԱՐՈՎ, Ա. Գ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

Լուսեցիում-ալյումինումային գրանստի առնեստական միաբյուրեղների
ստանձնահատկությունները

Հոդվածում առաջին անգամ նախաձեռնված է լազերային բյուրեղի $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ -ի, բազմակողմանի ուսումնասիրությունը: Ցույց է տրված $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ բյուրեղի որոշակի առավելությունները լայն կիրառության ունեցող $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ բյուրեղի հանդեպ: $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ և $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ բյուրեղներում TR^{3+} իոնների Օպտիկական սպեկտրների ուսումնասիրությունը ցույց է տվել նրանց նմանությունը: Հոդվածում որոշված են նաև TR^{3+} բախշման գործակիցները և կատարված է $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ բյուրեղների որոշ ֆիզիկական հատկությունների շարժումները:

Կառարված ուսումնասիրությունների հիման վրա հեղինակները հանգում են այն եզրակացության, որ մի շարք դեպքերում ավելի նախընտրելի է $\text{Lu}_2\text{Al}_3\text{O}_{12}$ -ի սգտագործումը $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ բյուրեղների համեմատությամբ:

ЛИТЕРАТУРА — ԿՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ А. А. Каминский, Opto—electronic, 3, 19 (1971) ² А. А. Каминский, В. В. Осико, Изв. АН СССР, сер. «неорганические материалы», 1, 2049 (1965); 3, 417 (1967); 6, 629 (1970). ³ Х. С. Багдасаров, С. Б. Дохновский, В. С. Папков, И. В. Смоленцев, ПТЭ, 4, 229 (1966). ⁴ А. А. Каминский, П. В. Клевцов, Х. С. Багдасаров, А. А. Майер, А. А. Павлюк, А. Г. Петросян, М. В. Провоторов, ЖЭТФ (Письма), 16, вып. 10, 546, (1972). ⁵ А. А. Каминский, S. E. Sarkisov, P. V. Klevtsov, Kh. S. Bagdasarov, A. A. Pavlyuk, A. G. Petrosyan, Phys. Stat. Sol. (a) 17, v.1 К—75 (1973). ⁶ А. А. Каминский, Kh. S. Bagdasarov, A. G. Petrosyan, S. E. Sarkisov, Phys. Stat. Sol. (a) 18, v.1, К—31 (1973) ⁷ Х. С. Багдасаров, Г. А. Богомолов, Д. Н. Вылегжанин, А. А. Каминский, А. М. Кеворков, А. Г. Петросян, А. М. Прохоров, ДАН СССР, 216 (1974)