

А. А. КАМИНСКИЙ

К ВОПРОСУ ПОИСКА АКТИВНЫХ СРЕД ДЛЯ ОКГ

(Представлено академиком И. В. Тананаевым 13 X 1972)

Стимулированное излучение (с.и.) твердотельных ОКГ, использующих широкополосный оптический резонатор, в первую очередь возникает на той частоте, на которой интенсивность люминесценции их активных сред наибольшая. Вот почему индекс длин волн генерации находится в близком соответствии с числом известных лазерных кристаллов*. К сожалению, для удовлетворения возрастающих запросов науки и техники в подборе излучения необходимой частоты этот список оказывается не

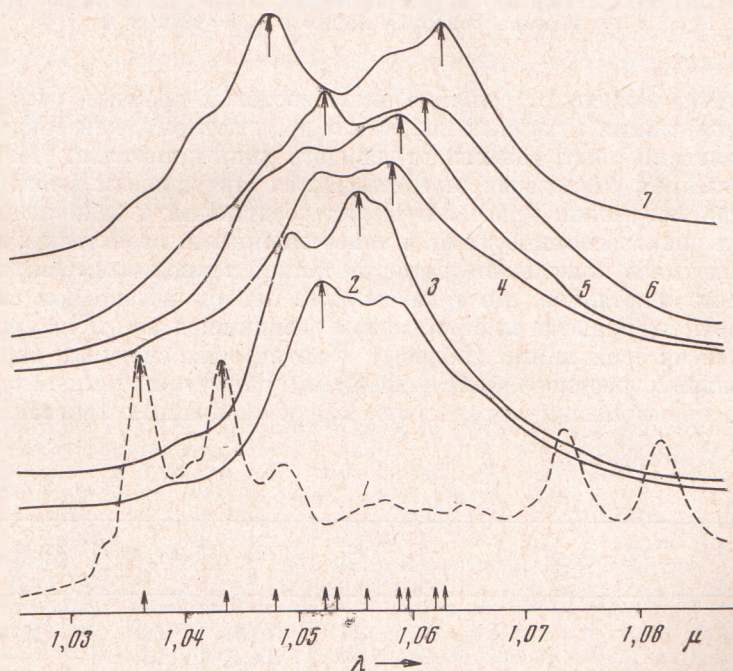


Рис. 1. Спектры люминесценции, соответствующие переходу ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$ при 300° К, ионов Nd^{3+} в перечисленных в табл. 1 фторидных кристаллах. Стрелками отмечены значения длин волн генерации

столь уж большим (¹, ²). Правда, в ряде случаев путем изменения температуры генерирующего кристалла (³), спектральных параметров резонатора (⁴) или использования комбинированных активных сред (⁵) в определенных пределах подбор частоты с. и. все же возможен.

Но кординального решения этой задачи можно, по-видимому, ожидать только в результате специальных поисковых исследований новых кристаллов, излучающих в различных участках спектра. В свою очередь,

* Некоторые кристаллы при энергиях возбуждения, превышающих пороговые (E_n) для первых линий, могут генерировать на нескольких частотах (¹, ²).

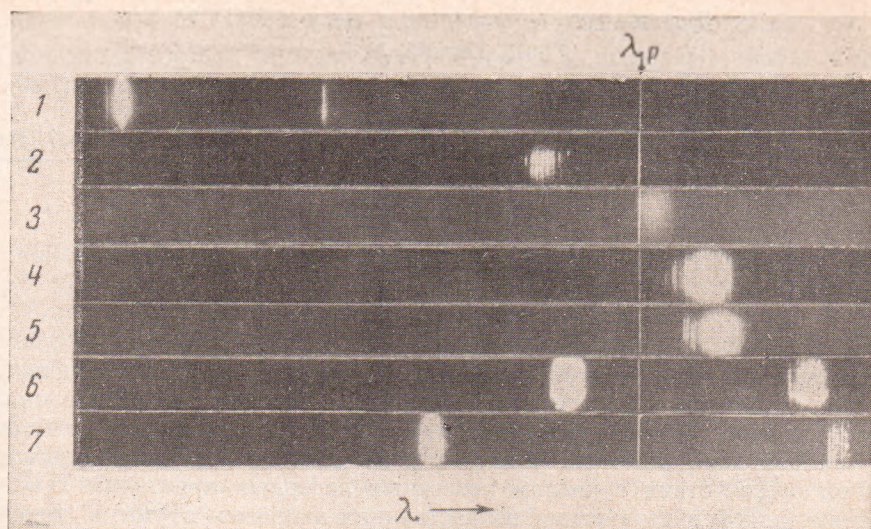


Рис. 2. Спектры с.и. при 300° К перечисленных в табл. 1 кристаллов. Стрелкой указана реперная линия с $\lambda_p = 10561,5 \text{ \AA}$

успех поиска зависит от решения чисто ростовых проблем (условия синтеза, метод, химия исходных веществ и др.), которые, как свидетельствует многолетний опыт, зависят от каждого типа кристалла. Поэтому вместе с решением этих задач представляется актуальным выявление возможностей получения кристаллических соединений с отличающимися от исходных спектроскопическими и генерационными свойствами, на основе известных типов кристаллов и разработанной технологии. Они, в отличие от простых кристаллов, где активаторные центры в основном структурно вырождены, отличаются многообразием разнящихся по структуре центров, вследствие чего их линии (полосы) в оптических спектрах характеризуются сильным неоднородным уширением даже при температурах, значительно превышающих комнатную. Среди смешанных кристаллов особое

Таблица 1

№№ п.п.	Кристалл	Тип структуры	$\lambda_{\Gamma, \text{ \AA}}$	$E_{\Pi}, \text{ дж}$	Состав, вес. %	Источник
1	SrF_2	O_h^5	10370 10455	40 95	99	(6)
2	$\text{SrF}_2\text{—GdF}_3$	O_h^5	10528	7	88—10	(7)
3	$\text{SrF}_2\text{—YF}_3$	O_h^5	10567	15	88—10	(8)
4	$\text{SrF}_2\text{—CeF}_3\text{—GdF}_3$	O_h^5	10589	54	92—3—3	(7)
5	$\text{SrF}_2\text{—LaF}_3$	O_h^5	10597	18	68—30	(9)
6	$\text{CaF}_2\text{—SrF}_2\text{—BaF}_2\text{—YF}_3\text{—LaF}_3$	O_h^5	10535 10623	30 150		(10)
7	$\text{LaF}_3\text{—SrF}_2$	D_{6h}^3	10486 10635	5,5 11	94—4	(11)

Примечания. Кристаллы системы № 1 не содержат кислород. При 300° К с. и. системы (№ 4) $\text{SrF}_2\text{—CeF}_3$ (2—10 вес. %) — Nd^{3+} (1—2 вес. %) следует ожидать на волне $10579 \pm 3 \text{ \AA}$. Для кристалла № 6 $\sum M^I \text{F}_3 / \sum M^II \text{F}_2 \cong 0,43$ при 1 вес. % ионов Nd^{3+} (где $M^I = \text{Y, La}$, и $M^{II} = \text{Ca, Sr, Ba}$). Для системы № 7 спектральный состав с. и. зависит от взаимной ориентации кристаллографической оси с и геометрической оси активного элемента.

место занимают многокомпонентные фторидные системы. Исследования показывают, что максимумы их полос люминесценции можно в достаточно широких пределах смещать по шкале частот путем вариации при синтезе химического состава и получать в конечном итоге с.п. на новых длинах волн (λ_r). Эту возможность проиллюстрируем на примере результатов изучения систем $\text{SrF}_2 - \text{MF}_3 - \text{Nd}^{3+}$, где $\text{M} = \text{Y}, \text{La}, \text{Ce}$ и Gd .

На рис. 1 приведено семейство спектров люминесценции ионов Nd^{3+} , связанных с переходом ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$ при 300°K , простого кристалла SrF_2 (рис. 1, 1) и четырех (см. табл. 1) смешанных систем на его основе. Если спектр «родительского» кристалла состоит из узких линий, обусловленных переходами между штатковскими компонентами взаимодействующих состояний одного вида активаторных центров, то спектры смешанных соединений характеризуются широкими практически бесструктурными полосами, представляющими собой суперпозицию спектров многих центров. Свойства этих примесных образований в системах, более сложных, чем двухкомпонентные, существенно зависят от типа MF_3 и от их относительного содержания в кристалле. Действительно, при переходе от GdF_3 к YF_3 , затем к $\text{CeF}_3 - \text{GdF}_3$ и, наконец, к LaF_3 контур люминесценции так деформируется, что его максимум смещается в длинноволновую сторону на $\sim 70 \text{ \AA}$: от 10 528 до 10 597 $\text{\AA}$. На такую величину отличаются и длины волн линий с.п. ОКГ (рис. 2) на основе $\text{SrF}_2 - \text{GdF}_3 - \text{Nd}^{3+}$ и $\text{SrF}_2 - \text{LaF}_3 - \text{Nd}^{3+}$. На рис. 1, 2 и в табл. 1 приведены также данные о двух других смешанных системах, содержащих SrF_2 не в преобладающих количествах, чтобы показать, что поиск более сложных композиций по составу и кристаллической структуре может значительно расширить список лазерных сред, генерирующих на новых частотах *.

В заключение отметим, что все перечисленные в работе кристаллы синтезировались на основе одной технологии с применением метода Стокбаргера (2).

Институт кристаллографии им. А. В. Шубникова
Академии наук СССР
Москва

Поступило
2 X 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. А. Каминский, Opto-electronics, **3**, 19 (1971); А. А. Каминский, в сборн. Спектроскопия кристаллов, «Наука», 1973. ² А. А. Каминский, В. В. Осико, Неорганические материалы, **1**, 2049 (1965); **3**, 417 (1967); **6**, 629 (1970). ³ А. А. Каминский, ЖЭТФ, **54**, 727 (1968); А. А. Каминский, Phys. Stat. Sol. (a), **1**, 573 (1970). ⁴ А. L. Bloom, Appl. Phys. Lett., **2**, 101 (1963); В. Д. Броуде, В. И. Кравченко и др., Письма ЖЭТФ, **2**, 519 (1965). ⁵ А. А. Каминский, Письма ЖЭТФ, **7**, 260 (1968). ⁶ А. А. Каминский, Л. Ли, Журн. прикл. спектроскоп., **12**, 35 (1970). ⁷ А. А. Каминский, С. Э. Саркисов и др., Неорганические материалы, **9**, 340 (1973). ⁸ Л. С. Гарашина, А. А. Каминский и др., Кристаллография, **14**, 925 (1969). ⁹ А. А. Каминский, В. В. Осико, В. Т. Удовенчик, Журн. прикл. спектроскоп., **6**, 40 (1967). ¹⁰ А. А. Каминский, Ю. К. Воронько, В. В. Осико, Кристаллография, **13**, 332 (1968). ¹¹ М. V. Dmitruk, A. A. Kaminskii et al., Phys. Stat. Sol., **35K**, 75 (1968).

* *Примечание при корректуре.* При 300°K недавно получена генерация ОКГ на основе кристалла $\text{Sr}_2\text{Y}_2\text{F}_{19} - \text{Nd}^{3+}$ на волнах 1,0493 и 1,3190 μ . Это соединение, характеризующееся пространственной группой D_{6h}^3 , образуется в системе $\text{SrF}_2 - \text{YF}_3$ при соотношении компонентов 2 : 5.