

## ОПТИЧЕСКИЙ КВАНТОВЫЙ ГЕНЕРАТОР НА ОСНОВЕ $\alpha$ -ГАГАРИНИТА, АКТИВИРОВАННОГО НЕОДИМОМ

*Посвящается первому  
полету человека в космос*

*У.С.Бадасаров, А.А.Каминский, Я.Е. Лапскер, Б.П. Соболев*

Гагаринит представляет собой природный фторид редких земель ( $TR^{3+}$ ), натрия и кальция с идеализированной формулой  $NaCaYF_6$ . Этот минерал был открыт в СССР в 1958 г. [1] и назван в честь первого в мире летчика-космонавта Ю.А.Гагарина.

В настоящем сообщении приводятся предварительные результаты исследований нового оптического квантового генератора (ОКГ) на основе кристалла  $\alpha$ -гагаринита с примесью  $Nd^{3+}$ , работающего при 300°К.

В наших исследованиях использовались кристаллы  $\alpha$ -гагаринита, выращенные методом Стокбаргера в атмосфере HF [2]. Как известно, гагаринит имеет две полиморфные модификации, из которых высокотемпературная принадлежит к структуре типа флюорита. В определенной части системы  $NaF - CaF_2 - YF_3$  кубическая модификация ( $\alpha$ ) сохраняется в широком интервале температур. Именно эта  $\alpha$ -модификация была предметом наших исследований.

Из синтезированных монокристаллов, удовлетворительного оптического качества, изготавливались образцы для изучения индуцированного излучения, представлявшие собой цилиндрические стержни длиной  $\sim 30$  мм и диаметром  $\sim 6$  мм с плоскопараллельными торцами ( $\sim 15''$ ). Концентрация активирующей примеси варьировалась от 0,5 до 1% весовых.

К настоящему времени известно несколько ОКГ на основе фаз флюоритовой структуры в двойных фторидных системах  $MF_2 - MeF_3 - TR^{3+}$ , где M — Ca, Sr, Ba и Me — Y, La, Ce, Er [3,4]. Особенность кристаллохимической структуры этих фаз состоит в том, что расположение ионов различных компонентов носит неупорядоченный характер, что в конечном

Вклейка к ст. Х. С. Багдасарова и др. (стр. 220)

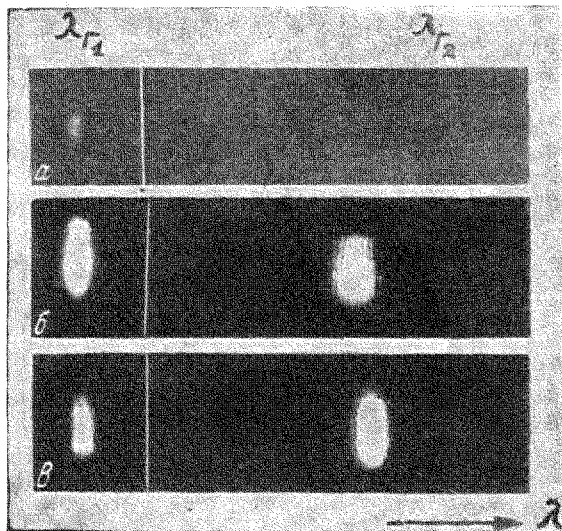


Рис. 2. Спектры генерации при 300° К кристалла  
а — гагаринита: а — с 0,5%  $Nd^{3+}$ ,  $E_{воз.} = 12$  дж;  
б — с 0,5%  $Nd^{3+}$ ,  $E_{воз.} = 50$  дж; в — с 1%  $Nd^{3+}$ ,  
 $E_{воз.} = 50$  дж

итоге отражается на конфигурации электрических кристаллических полей, окружающих рабочие ионы  $\text{TR}^{3+}$ . Это обстоятельство приводит к образованию большого количества типа оптических центров (ОЦ). Как отмечено в работе Воронько и др. [5], по своей структуре эти фазы

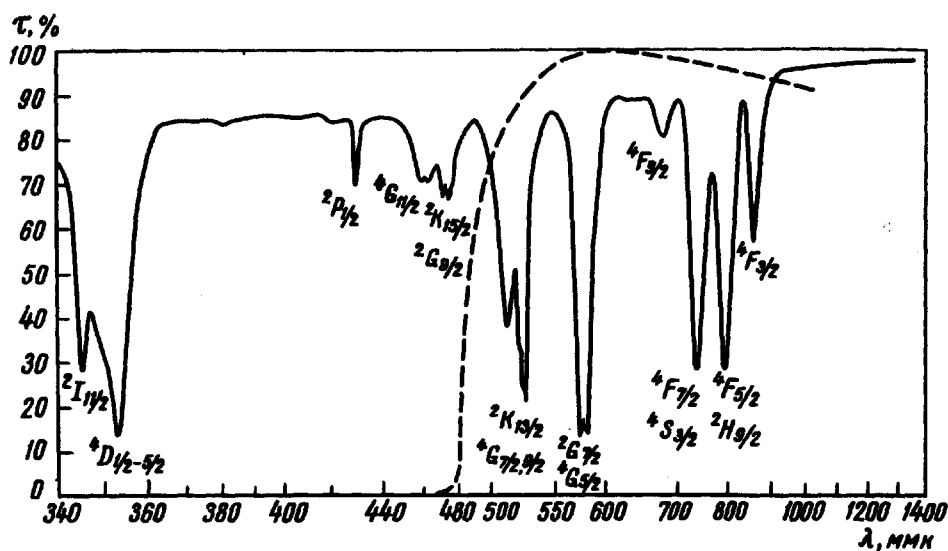


Рис.1. Спектр пропускания кристалла  $\alpha$ -гагаринита с 1%  $\text{Nd}^{3+}$  при  $300^\circ\text{K}$

представляют собой типичные кристаллы, в то же время по спектральным свойствам они занимают положение, промежуточное между кристаллами и стеклами.

Полученные нами кристаллы  $\alpha$ -гагаринита открывают новый ряд активных веществ для ОКГ, — а именно, кристаллов тройных фторидных систем. Эти кристаллы также входят в класс веществ, рассмотренных выше, т.е. характеризуются многообразием ОЦ.

На рис. 1 показан спектр пропускания кристалла  $\alpha$ -гагаринита с  $\text{Nd}^{3+}$  (1%), полученный на спектрофотометре EPS-2U при  $300^\circ\text{K}$  в диапазоне от 3400 до 14000 А. Инфракрасная люминесценция иона  $\text{Nd}^{3+}$  соответствует переходам с уровней терма  $^4\text{F}_{3/2}$  на четыре компоненты основного мультиплета  $^4\text{I}$ . Как и в большинстве других сред, наиболее сильная люминесценция иона  $\text{Nd}^{3+}$  соответствует переходу  $^4\text{F}_{3/2} \rightarrow ^4\text{I}_{11/2}$ .

В опытах по генерации использовалась цилиндрическая осветительная система эллиптического сечения со световой эффективностью  $\sim 0,3$  [6]. Большая полуось осветителя равнялась 31 мм, длина 55 мм и эксцентриситет  $\sim 0,43$ . В качестве источника возбуждения применялась ксеноновая импульсная лампа типа ИФП (межэлектродный зазор  $\sim 45$  мм, диаметр светящегося столба  $\sim 5$  мм). Оптический резонатор состоял из сферических зеркал с диэлектрическими покрытиями ( $r \approx 0,5\%$ ), которые

устанавливались конфокально. Для предотвращения вредного эффекта "старения" неодима [7, 8] рабочий кристалл помещался в трубку из стекла марки ЖС-17, спектр пропускания которой на рис. 1 обозначен пунктирной линией. Как видно, в нашем эксперименте возбуждение кристаллов осуществлялось в полосы поглощения  $Nd^{3+}$ , лежащие от 9000 до 20000  $см^{-1}$ .

Спектральный состав генерации изучался на спектрографе ДФС-8 (6  $\text{Å}/мм$ ). Спектр фотографировался на пленку И-1070. В качестве репера использовался спектр железа в третьем порядке. Применялась лампа с полным катодом. На рис. 2 (см.вкл.) показаны спектры индуцированного излучения двух кристаллов  $\alpha$ -гагаринита при разных концентрациях активатора и уровнях энергии, подводимой к лампе. На рис. 2а, приведен спектр генерации кристалла с концентрацией  $Nd^{3+}$  0,5% весовых, полученный при пороговых энергиях возбуждения. Как видно, излучение происходит на одной линии с длиной волны 10538  $\text{Å}$  (9489  $см^{-1}$ ). Порог возбуждения этой линии в нашей системе составлял  $\sim 11$  дж.\* При увеличении подводимой к лампе энергии до 27 дж в спектре генерации появляется вторая линия с  $\lambda = 10629 \text{ Å}$  (9408  $см^{-1}$ ) (рис. 2б). Поведение этих линий в кристалле с содержанием  $Nd^{3+}$  1% вес., уже несколько отлично; во-первых, происходит небольшое их смещение в длинноволновую сторону  $\lambda = 10540 \text{ Å}$  (9488  $см^{-1}$ ) и  $\lambda = 10631 \text{ Å}$  (9406  $см^{-1}$ ) (рис. 2в) и во-вторых, уменьшение порога возбуждения второй линии  $E_2 = 20$  дж ( $E_1 = 14$  дж). Необходимо отметить, что оптическое качество второго кристалла было несколько хуже, чем первого.

Такая острая зависимость характера спектрального состава кристаллов  $\alpha$ -гагаринита от концентрации активатора (или других компонентов) говорит в пользу того, что в этой системе возможны значительные перестройки ОП (или появление новых) и изменения их генерационных свойств. Такая особенность этих кристаллов может перевести к созданию веществ для ОКГ с управляемыми спектральными характеристиками.

В заключении выражаем благодарность Д.Н.Клушанцеву и Г.А.Богомоловой за участие в экспериментах, Н.Я.Виноградову за обработку кристаллов и З.Б.Перикалиной за снятие спектра пропускания.

Институт кристаллографии  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
18 января 1967 г.

### Литература

- [1] А.В.Степанов, Э.А.Северов, ДАН СССР, 141, 954, 1961.
- [2] D.Stockbarger. J.Opt. Soc.Amer., 39, 1620, 1949.
- [3] А.А.Каминский, В.В.Осико, Ж.неорган.материалы, 1, 2049, 1965.
- [4] А.А.Каминский, В.В.Осико, Ж.неорган.материалы, 3, № 3, 1967.
- [5] Ю.К.Воронько, А.А.Каминский, В.В.Осико, А.М.Прохоров, Ж. неорган. материалы. 2, 1161, 1966.
- [6] А.А.Каминский, Л.С.Корниенко, Ж.прикладной спектроскопии, 2, 87, 1965.

- [7] А.А.Каминский, В.В.Осико, М.М.Фурсиков, Письма ЖЭТФ, 4, 92, 1966.  
[8] А.А.Kaminskii, Phys. Status Solidi, 1967 (в печати).

---

\* Значения пороговых энергий возбуждения указаны с учетом пересчета длины кристалла и межэлектродного зазора лампы накачки.