

**ИЗБИРАТЕЛЬНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ ЦЕНТРОВ  
РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ИОНОВ В КРИСТАЛЛАХ**

**Ю.К.Воронько, А.А.Каминский, В.В.Осипко,  
А.М.Прохоров**

В настоящее время в большинстве твердотельных оптических квантовых генераторов (ОКГ) в качестве активной среды используются кристаллы с примесью редкоземельных ионов (TR). Как известно, в этих кристаллах могут существовать одновременно несколько типов оптических центров, различающихся структурой. Относительные концентрации этих центров зависят от общей концентрации TR и от ряда технологических условий. Каждый из типов центров в данном кри-

статке обладает специфическими свойствами и по-разному проявляет себя в генерации. Поэтому для того чтобы синтезировать кристаллы с желательными типами центров  $TR$ , необходим метод анализа этих центров. Такие известные методы, как электронный парамагнитный резонанс, зееман-эффект и пьезоспектроскопический анализ позволяют в ряде случаев установить симметрию кристаллического поля и дают некоторые сведения об энергетической схеме уровней данного иона. В наших докладах на симпозиуме по спектроскопии кристаллов, содержащих  $TR$  и элементы группы железа (Москва, МГУ, 3-6 февраля 1965 г.), был обоснован и применен метод анализа центров  $TR^{3+}$  в кристаллах  $CaF_2$  (тип I) по концентрационным зависимостям оптических спектров - метод концентрационных серий. Этот метод позволяет выделять из суммарного спектра поглощения спектры, принадлежащие различным типам центров. Однако этот метод не дает возможности провести исчерпывающий анализ спектров люминесценции.

В настоящем сообщении описывается метод анализа штарковской структуры спектров люминесценции кристаллов с примесью ионов  $TR$  путем избирательного возбуждения люминесценции отдельных типов центров. Для проведения такого анализа возбуждение центров необходимо производить в отдельные штарковские компоненты их спектра поглощения. Этим методом были исследованы кристаллы  $CaF_2 - Er^{3+}$  (тип I). Они имеют сильное поглощение и люминесценцию в удобных для работы интервалах длин волн, с хорошо разрешенной штарковской структурой спектров.

На рис. I изображена схема установки для избирательно-го возбуждения центров. Основным ее элементом является монохроматор спектрометра ДФС-12, который вырезает из сплошного спектра источника возбуждения полосы с полушириной

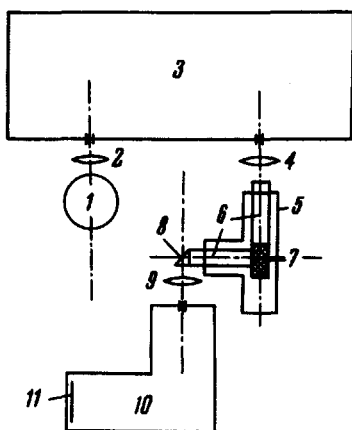


Рис. I. Оптическая схема экспериментальной установки: I - ртутная лампа ДРШ-1000; 2, 4, 9 - линзы; 3 - монохроматор спектрометра ДФС-12, 5 - стеклянный трубчатый дъявар; 6 - кварцевые светопроводы; 7 - исследуемый кристалл; 8 - прямая призма; 10 - спектрограф ИСП-5I с камерой F-270; 11 - кассета

~3 Å. Люминесценция регистрируется спектрографом ИСП-5I. Возбуждение можно проводить двумя способами: статическим, при котором возбуждение осуществляется в заранее выбранную линию поглощения, и динамическим. Последний метод предусматривает сканирование длины волны возбуждающего света с одновременным перемещением кассеты ИСП-5I. Второй способ дополнительно дает возможность получать спектры возбужде-

ния любых отдельных линий люминесценции с разрешенной  
штарковской структурой.

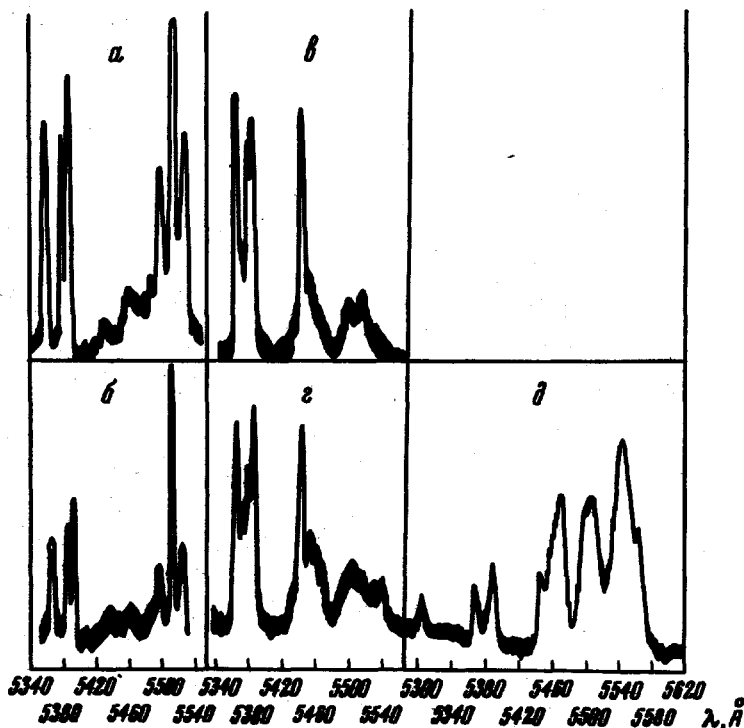


Рис. 2. Развертка спектра  
люминесценции перехода  ${}^4S_{3/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$   
кристалла  $\text{CaF}_2 - \text{Ez}^{3+}$  0,3 %.  
Слева - спектр поглощения группы  
 ${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^2H_{11/2}$

На рис. 2 приведен спектр люминесценции кристалла  $\text{CaF}_2$   
(тип I) с концентрацией  $\text{Ez}^{3+}$  0,3 %, полученный в динами-  
ческом режиме при 77°К. Люминесценция соответствует пере-  
ходу  ${}^4S_{3/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ . Для наглядности одновременно на

рис.2 в соответствующем масштабе приведен спектр поглощения уровня  ${}^2H_{11/2}$  ( $\lambda_{\text{центр}} = 5170 \text{ \AA}$ ), в шарковские компоненты которого осуществлялось возбуждение. Присутствие сплошной наклонной линии в правой части рисунка объяснено засветке рассеянным светом спектра возбуждения. На фотографии хорошо видно, что при сканировании возбуждающей полосы спектр люминесценции изменяется.

На основании результатов, полученных методом концентрационных серий спектра поглощения группы  ${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^2H_{11/2}$  удалось выделить три системы линий, относящихся к трем различным центрам  $Ez^{3+}$ . Как оказалось, возбуждение во всех линиях каждой из этих систем дает одинаковые спектры люминесценции. В качестве примера на рис.3 приведены микрофотографии спектров люминесценции, возбужденные в наиболее сильных линиях поглощения этих систем. Возбуждение в линии системы I соответствует спектр люминесценции, микрофотографии которого приведены на рис.3 а, б. В линиях системы 2 возбуждается другой спектр люминесценции (рис.3 в, г). Кроме этих двух спектров, при тщательном анализе удалось обнаружить третий спектр люминесценции, который становится особенно интенсивным при увеличении концентрации  $Ez^{3+}$ . На рис.3,д приведена микрофотограмма этого спектра для образца  $CaF_2$  с содержанием  $Ez^{3+} \sim 1,0 \%$ .

Таким образом, впервые с помощью метода избирательного возбуждения экспериментально удалось проанализировать суммарный спектр люминесценции редкоземельного иона в кристаллах; т.е. выделить из него линии шарковской структуры,

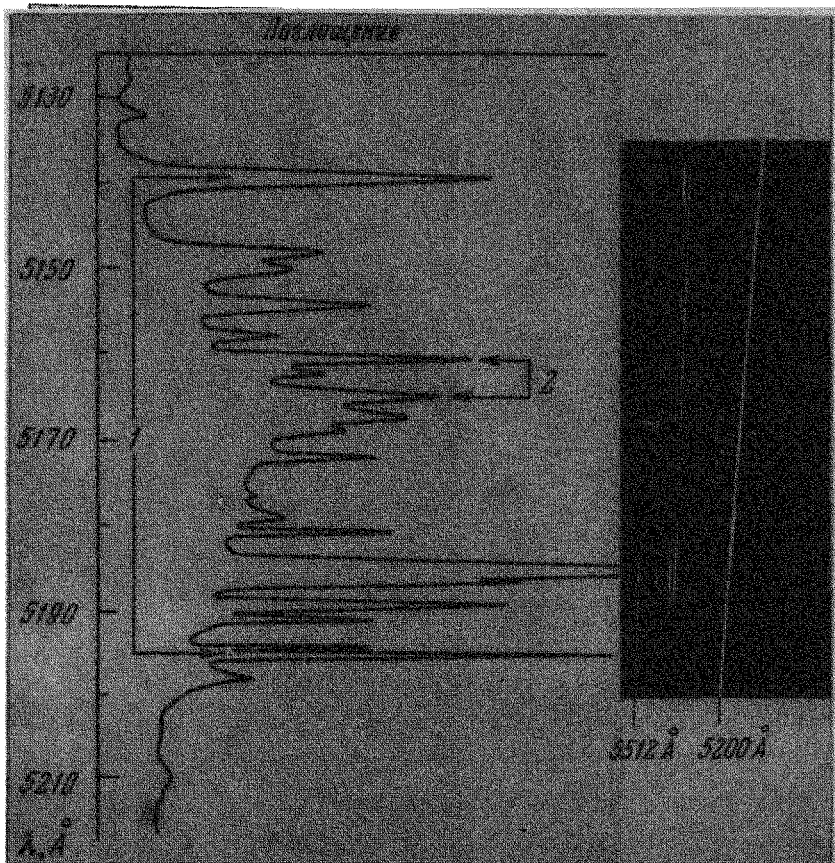


Рис.3. Микрофотограммы спектров люминесценции  $\text{CaF}_2 - \text{Eu}^{2+}$  (переход  ${}^4S_{3/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ ), полученных при возбуждении в отдельные Starkовские компоненты перехода  ${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^2H_{1/2}$ . Спектры а,б (система 1) и в,г (система 2) получены при возбуждении в линии поглощения, отмеченные на рис.2 стрелками

принадлежащие разным типам центров. Применение метода избирательного возбуждения в сочетании с методом концентрационных серий делает возможным проведение подробного анализа

**итарковской структуры оптических спектров редкоземельных  
ионов в кристаллах.**

**Авторы выражают благодарность В.Б.Александрову за уча-  
стие в проведении эксперимента.**

**Физический институт**

**им.П.Н.Лебедева**

**Академии наук СССР**

**Поступило в редакцию**

**16 апреля 1965 г.**

**Институт кристаллографии**

**Академии наук СССР**