

ГЕНЕРАЦИЯ КРИСТАЛЛОВ $\text{CaF}_2 - \text{Nd}^{3+} - \text{TR}^{3+}$

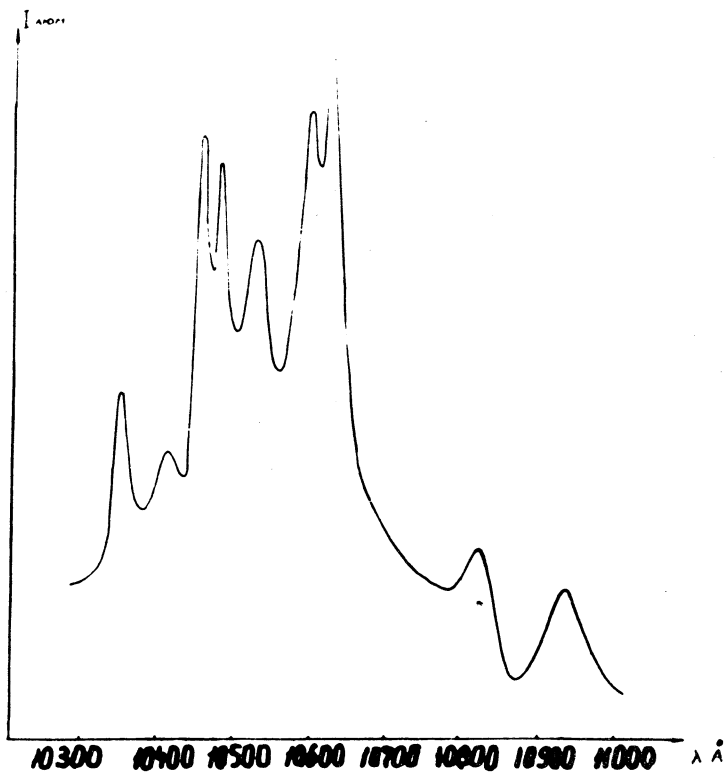
Ю. К. Воронько, К. Ф. Шипилов, И. А. Щербаков

В работе¹ показано, что при соактивации кристаллов $\text{CaF}_2 - \text{Nd}^{3+}$ другими редкоземельными ионами образуются новые оптические центры Nd^{3+} . В работе² определены абсолютные концентрации этих центров и вероятности переходов в них. Представляется небезынтересным исследовать генерационные характеристики различных не взаимодействующих центров, одновременно находящихся в кристалле, если известны вероятности переходов Nd^{3+} в этих центрах, их концентрации, время жизни возбужденных состояний. Настоящая работа посвящена решению этой задачи.

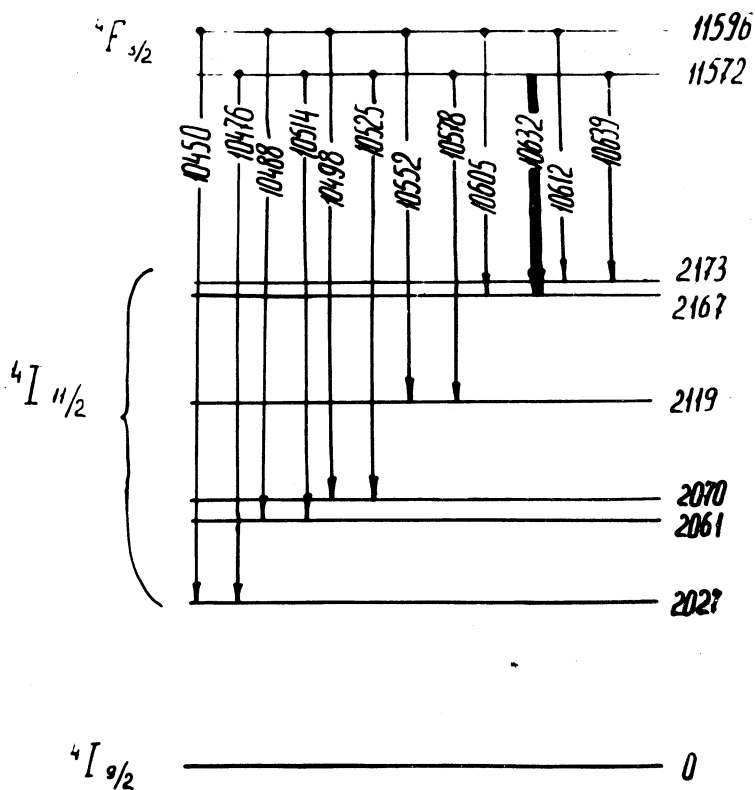
В экспериментах использовалась эллиптическая осветительная система со световой эффективностью 0,5. Большая полуось осветителя составляла 32 мм, его длина 80 мм и эксцентриситет 0,47. В качестве источника возбуждения использовалась ксеноновая импульсная лампа ИФП-800, окруженная трубчатым фильтром из стекла ЖС-17, для предотвращения эффекта "старения". Использовались кристаллы длиной 70 мм и диаметром 6 мм. Параллельность торцов была в пределах $10''$. Внешний оптический резонатор обеспечивался плоскими зеркалами с отражением 99,3% на длине волны 1,06 мк. Спектр генерации был получен на спектрографе PGS - 2 с дисперсией 6,94 Å/мм. В качестве репера использовался спектр железа в третьем порядке.

Ранее индуцированное излучение Nd^{3+} при $T = 300^\circ\text{K}$ в кристаллах флюорита наблюдалось на пере-

ходе тетрагональных центров L с $\lambda = 10461 \text{ \AA}^3$. Вероятности переходов в L центрах меньше, чем в Y и Nⁿ центрах; время жизни возбужденного состояния ${}^4F_{3/2}$ иона Nd^{3+} в Y и Nⁿ центрах порядка 500 мксек⁴, в L центрах - 1,2 мксек⁵. Центры Y и Nⁿ образуются в результате соактивации Nd^{3+} другими редкоземельными ионами. Их модели обсуждаются в работе^{2,4}. В работе² показано, что при некоторых соотношениях концентраций Nd^{3+} и TR^{3+} число центров Y и Nⁿ достигает числа центров L. Эти экспериментальные данные позволяют предположить, что на оптических центрах Nd^{3+} , образующихся в результате введения соактиваторов, может быть получена генерация. В качестве соактиваторов при этом желательно использовать также TR^{3+} , введение которых обеспечивает наибольшую концентрацию "новых" оптических центров и в то же время не тушит люминесценцию Nd^{3+} . Такими TR^{3+} являются² La^{3+} и Lu^{3+} . При этом в кристаллах $\text{CaF}_2 - \text{Nd}^{3+} - \text{La}^{3+}$ можно ожидать генерацию на линии центров Nⁿ, а в кристаллах $\text{CaF}_2 - \text{Nd}^{3+} - \text{Lu}^{3+}$ - на линии центров Y. Спектр люминесценции при $T = 300^\circ\text{K}$ кристалла $\text{CaF}_2 - 0,2\% \text{ вес. } \text{Nd}^{3+} - 0,4\% \text{ вес. } \text{Lu}^{3+}$ (переход ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$) показан на рис. 1. Анализ спектров люминесценции наших кристаллов при $T = 4,2^\circ\text{K}$ и 77°K позволил построить схему кристаллического расщепления ${}^4I_{11/2}$ в центрах Y (Рис. 2). Наиболее интенсивная линия в спектре люминесценции (10632 Å) принадлежит центрам Y. На этой длине волны была получена генерация при $T = 300^\circ\text{K}$ с порогом 170 дж (Рис. 3б, в; на рис. 1 эта линия показана стрелкой). Индуцированное излучение на линии L центров не наблюдалось даже при энергии накачки 900 дж, что объясняется недостаточно высоким качеством кристаллов. Следует отметить, что интенсивные линии центров Y появляются в оптических спектрах Nd^{3+} в CaF_2 и при введении примеси иттрия. Поэтому естественно, что

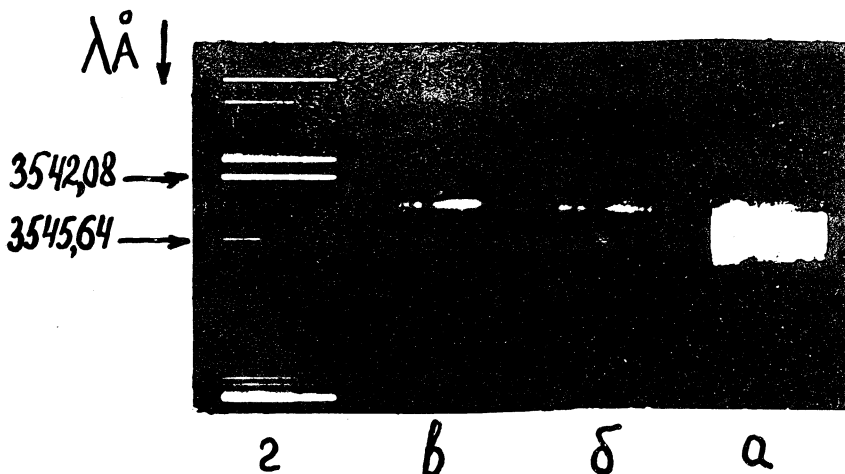


Р и с. 1. Спектр люминесценции и кристалла CaF_2 -
 -0,2% вес Nd^{3+} -0,4% вес Lu^{3+} . Переход ${}^4\text{F}_{3/2} \rightarrow$
 $\rightarrow {}^4\text{I}_{11/2}$ $T = 300^\circ\text{K}$



Р и с. 2. Схема кристаллического расщепления уровней Nd^{3+} $4F_{3/2}$ и $4I_{11/2}$ при $T = 77^\circ\text{K}$ в центре Y.

длина волны генерации Nd^{3+} в кристаллах иттрофлюорита совпадает с длиной волны генерации Υ центров в наших кристаллах (Рис. 3). Известно, что генерация Nd^{3+} в кристаллах иттрофлюорита происходит на двух линиях: 10540 Å - линия Б и 10630 Å - линия В^{6,7}.

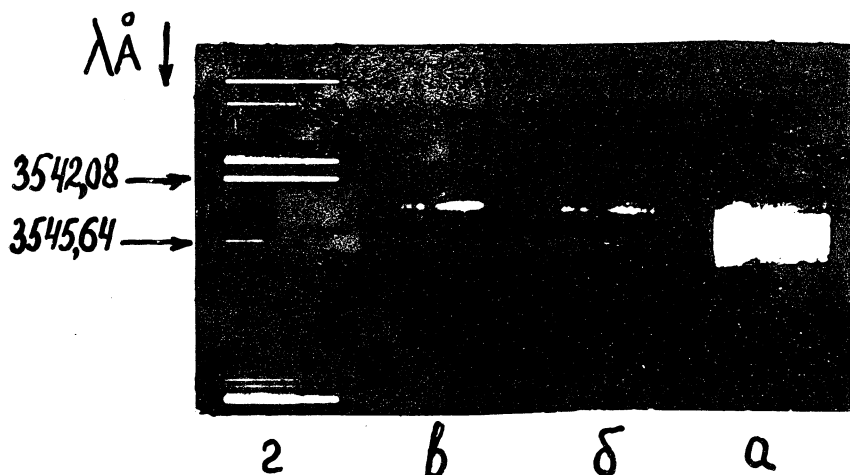


Р и с. 3. Спектры генерации. $T = 300^\circ\text{K}$

- а - кристалл иттрофлюорита с Nd^{3+}
- б - CaF_2 - 0,2% вес Nd^{3+} - 0,4% вес. Lu^{3+} $E_{\text{max}} = 2E_{\text{п}}$
- в - CaF_2 - 0,2% вес Nd^{3+} - 0,4% вес. Lu^{3+} $E_{\text{max}} = E_{\text{п}}$
- г - спектр железа в третьем порядке

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что в смешанных кристаллах иттрофлюорита, характеризующихся многообразием оптических центров, индуцированное излучение с $\lambda = 10630 \text{ \AA}$ происходит на переходе, принадлежащем одиночным центрам Υ . Естественно, что при увеличении концентрации соактиватора центры Υ оказываются возмущенными взаимодействием с большим числом ионов соактиватора, что проявляется в уширении линий центров и приводит к тому, что оптические спектры Nd^{3+} в кристаллах иттрофлюорита представляют собой широкие полосы.

длина волны генерации Nd^{3+} в кристаллах иттрофлюорита совпадает с длиной волны генерации γ центров в наших кристаллах (Рис. 3). Известно, что генерация Nd^{3+} в кристаллах иттрофлюорита происходит на двух линиях: 10540 \AA - линия Б и 10630 \AA - линия В^{6,7}.



Р и с. 3. Спектры генерации. $T = 300^\circ\text{K}$

- а - кристалл иттрофлюорита с Nd^{3+}
- б - CaF_2 - 0,2% вес Nd^{3+} - 0,4% вес. Lu^{3+} $E_{\text{нак}} = 2E_{\text{п}}$
- в - CaF_2 - 0,2% вес Nd^{3+} - 0,4% вес. Lu^{3+} $E_{\text{нак}} = E_{\text{п}}$
- г - спектр железа в третьем порядке

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что в смешанных кристаллах иттрофлюорита, характеризующихся многообразием оптических центров, индуцированное излучение с $\lambda = 10630 \text{\AA}$ происходит на переходе, принадлежащем одиночным центрам γ . Естественно, что при увеличении концентрации соактиватора центры γ оказываются возмущенными взаимодействием с большим числом ионов соактиватора, что проявляется в уширении линий центров и приводит к тому, что оптические спектры Nd^{3+} в кристаллах иттрофлюорита представляют собой широкие полосы.

кристалл дополнительных примесей можно искусственно создавать в больших концентрациях оптические центры более генерационноспособные, чем центры, имеющиеся в исходном кристалле.

Авторы выражают благодарность В. В. Осико за полезные советы и постоянное внимание к работе, В. А. Сычугову за участие в обсуждении результатов, С. Х. Батыгову за предоставление кристаллов, В. А. Мызиной и В. С. Федорову за помощь в проведении экспериментов.

Поступила в редакцию
30 июня 1970 г.

Л и т е р а т у р а

1. Ю. К. Воронько, Р. Г. Микаэлян, В. В. Осико. ЖЭТФ, 53, 484 (1967).
2. Ю. К. Воронько, В. Н. Муравьев, И. А. Щербаков. Краткие сообщения по физике, № 9, 64 (1970).
3. А. А. Каминский, В. В. Осико. Неорганические материалы, 1, 2049 (1965).
4. С. Х. Батыгов, Ю. К. Воронько, В. В. Осико, А. М. Прохоров, И. А. Щербаков. Труды ФИАН, т. 59 (В печати).
5. Ю. К. Воронько, В. В. Осико. Письма в ЖЭТФ, 5, 357 (1967).
6. А. А. Каминский. ЖЭТФ, 54, 1659 (1968).
7. А. М. Прохоров, В. А. Сычугов, Г. П. Шипуло. ЖЭТФ, 6, 1806 (1969).
8. А. А. Каминский, В. В. Осико. Неорганические материалы 3, 417 (1967).