

Исследование стойкости поглощающих центров в кристалле $\text{CaF}_2:\text{Pr}^{2+}$ к воздействию мощного лазерного излучения

Н.Н.Ильичев, П.П.Пашинин, Э.С.Гулямова

Экспериментально обнаружено изменение коэффициента поглощения кристалла $\text{CaF}_2:\text{Pr}^{2+}$ в области спектра 530–1000 нм после воздействия на него излучения импульсно-периодического неодимового лазера ($\lambda = 1.064$ мкм) с энергией 30 мДж и длительностью 20 нс при плотности мощности 500 МВт/см². Спектр изменения коэффициента поглощения после воздействия 10^5 имп. имеет вид широкой (~ 3000 см⁻¹) полосы с центром вблизи 710 нм и максимальным коэффициентом поглощения 1.1 см⁻¹.

Ключевые слова: фотохимические превращения, взаимодействие излучения с веществом.

Работа посвящена исследованию фотохимических превращений в кристалле флюорита (CaF_2), активированного ионами Pr^{2+} , которые происходят под действием мощного ИК излучения с длиной волны 1.064 мкм.

Благодаря высокой прозрачности в широкой области спектра и хорошим технологическим свойствам кристаллы флюорита всегда рассматривались как перспективный лазерный материал [1–4]. Кристаллы флюорита со специальными примесями используются и как пассивные затворы [5], и как аподизирующие диафрагмы [6]. В последнем случае применяются кристаллы CaF_2 , активированные ионами Pr^{2+} , и стойкость этих кристаллов к действию мощного излучения является важной характеристикой материала. Отметим, что характеристики кристаллов других типов изменялись под действием мощного ИК излучения. Например, в работе [7] наблюдалось необратимое изменение пропускания кристалла LiF с F_2^- -центрами окраски под действием мощного излучения с длиной волны 1.06 мкм.

Фотохимические превращения центров окраски в кристаллах флюорита исследовались и ранее. Так, в работах [8, 9] наблюдались фотохимические превращения под действием УФ излучения. В [9] для исследования стойкости коллоидных полос поглощения к действию мощного ИК излучения использовалось излучение неодимового лазера с длиной волны 1.064 мкм. Здесь наблюдалось лишь незначительное разрушение полосы поглощения коллоидов с максимумами в области 2–3 мкм. В работе [6] для создания аподизирующих диафрагм на основе $\text{CaF}_2:\text{Pr}^{2+}$ использовалось излучение аргонового лазера.

Ниже приведены результаты исследования воздействия мощного излучения с длиной волны 1.064 мкм на кристаллы $\text{CaF}_2:\text{Pr}^{2+}$, которые показывают, что в этом случае в указанных кристаллах возникает новая широкая полоса поглощения с максимумом в ближней ИК области спектра.

Общая схема эксперимента была следующей. Образец облучался сфокусированным излучением неодимового лазера, работавшего в импульсно-периодическом режиме. После определенного числа импульсов измерялась зависимость пропускания образца в области облучения от длины волны. Диаметр области облучения был 0.6 мм.

Измерение пропускания образца при такой фокусировке излучения с помощью промышленных спектрофотометров представляет определенные трудности, поэтому была собрана специальная схема измерения пропускания (рис.1). Свет от импульсной лампы 1 с помощью световода 2 освещал входную щель монохроматора 3. Излучение с нужной длиной волны после монохроматора попадало в световод 4. С помощью объектива 6 изображение торца световода строилось в исследуемом образце 7 в масштабе 1:1. Размер светового пятна на образце был 0.3 мм. Часть падающего на образец излучения светоделителем 5 отводилась на фотодиод 9, с помощью которого измерялась энергия импульса излучения, падающего на образец. Прошедшая через образец энергия измерялась фотодиодом 8. Сигналы с фотодиодов регистрировались с помощью цифровых вольтметров АЦП-14, выполненных в стандарте КАМАК. Управление монохроматором, сбор экспериментальных данных и их предварительная обработка велись с помощью ПЭВМ «АГАТ».

Для облучения образцов мощным ИК излучением применялся $\text{YAG}:\text{Nd}$ -лазер, работавший в режиме модуляции добротности. Энергия импульса излучения соста-

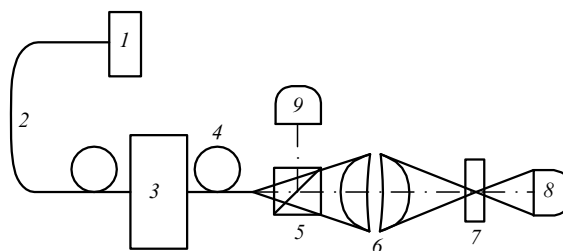


Рис.1. Схема эксперимента.

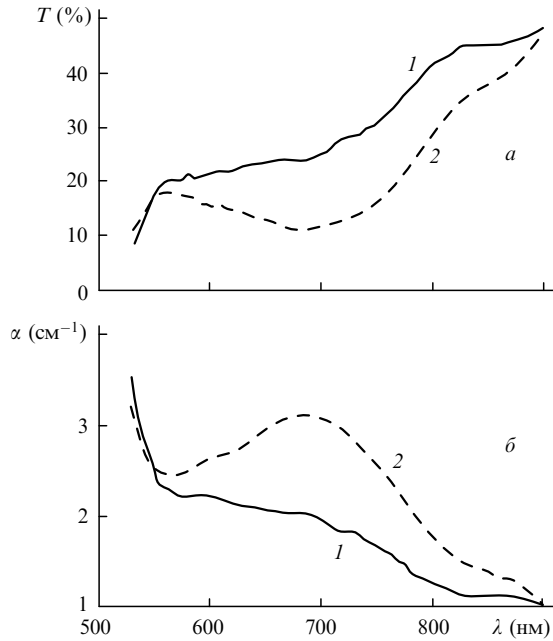


Рис.2. Пропускание (а) и коэффициент поглощения (б) образца до (1) и после (2) облучения 10^5 имп.

вляла 30 мДж, длительность – 20 нс, частота повторения импульсов – 20 Гц, плотность мощности на входе в образец была около 500 МВт/см^2 . При облучении фотодиод 8 отводился в сторону, между объективом 6 и образцом 7 устанавливался экран, который предохранял объектив от попадания в него мощного излучения. После облучения кристалла определенным числом импульсов измерялось пропускание образца в области облучения.

На рис.2 приведены результаты измерения пропускания и коэффициента поглощения образца $\text{CaF}_2:\text{Pr}^{2+}$ до и после облучения 10^5 импульсами неодимового лазера. Видно, что пропускание образца уменьшается, причем изменение пропускания зависит от длины волны. На рис.3 приведена зависимость изменения коэффициента поглощения от длины волны, полученная в результате обработки данных рис.2. Спектр изменения коэффициента поглощения имеет вид широкой полосы с центром вблизи 710 нм, и шириной около 3000 см^{-1} . После воздействия 10^5 имп. коэффициент поглощения в максимуме составил $\sim 1.1 \text{ см}^{-1}$.

На рис.4 представлена зависимость изменения коэффициента поглощения на длине волны 710 нм от числа импульсов облучения. Сплошная кривая на этом рисунке – аппроксимация зависимостью $f(n) = \alpha_0[1 - \exp(-\beta n)]$, где $\alpha_0 = 1.13 \text{ см}^{-1}$, $\beta = 0.046$, n – число тысяч импульсов с начала облучения.

Можно предположить, что появление новой полосы поглощения шириной около 3000 см^{-1} с максимумом вблизи 710 нм связано с возникновением в образце под действием мощного ИК излучения возмущенных М-цен-

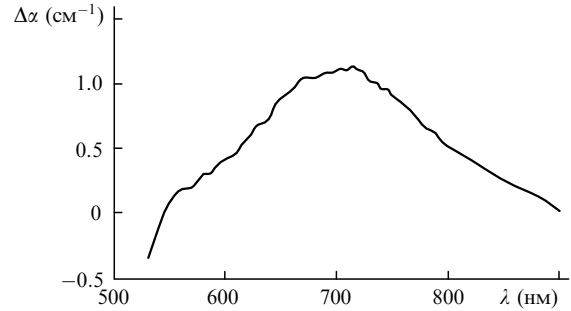


Рис.3. Зависимость изменения коэффициента поглощения от длины волны после воздействия облучения 10^5 имп.

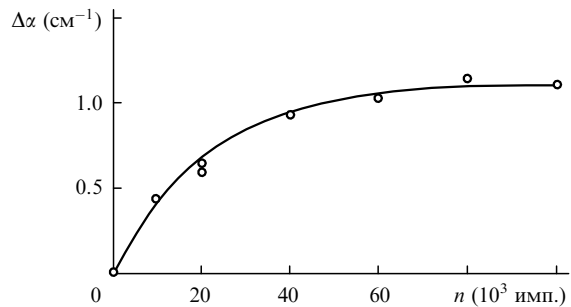


Рис.4. Зависимость изменения коэффициента поглощения для длины волны 710 нм от числа импульсов облучения n .

тров [1, 4]. Для понимания природы наблюдающегося поглощения необходимы дальнейшие исследования.

Таким образом, в настоящей работе обнаружено изменение коэффициента поглощения кристалла $\text{CaF}_2:\text{Pr}^{2+}$ после воздействия на него мощного излучения с длиной волны 1.06 мкм. Спектр изменения коэффициента поглощения имеет вид широкой ($\sim 3000 \text{ см}^{-1}$) полосы с центром вблизи 710 нм.

Авторы выражают глубокую благодарность С.Г.Лукишовой за предоставленные кристаллы. Работа выполнена в рамках программы «Фундаментальная спектроскопия» и при поддержке РФФИ (грант № 00-02-16474).

1. Архангельская В.А., Феодоров А.А., Феофилов П.П. *Изв. АН СССР. Сер. физич.*, **43**, 1119 (1979).
2. Костин В.В., Кулевский Л.А., Мурина Т.М., Прохоров А.М., Тихонов А.А. *ЖПС*, **6**, 33 (1967).
3. Кулевский Л.А., Прохоров А.М., Смирнов В.В. *ЖЭТФ*, **55**, 415 (1968).
4. Феофилов П.П. *ДАН СССР*, **92**, 545 (1953); *УФН*, **58**, 69 (1956).
5. Hultsch R. *Phys.Stat.Sol.(a)*, **47**, 415 (1978).
6. Лукишова С.Г., Красюк И.К., Пашинин П.П., Прохоров А.М. *Труды ИОФАН*, **7**, 92 (1987).
7. Ильичев Н.Н., Кирьянов А.В., Малютин А.А., Пашинин П.П., Шпуга С.М. *ЖЭТФ*, **98**, 965 (1990).
8. Архангельская В.А. *Изв.АН СССР*, **46**, 295 (1982).
9. Мокиенко И.Ю., Полетимов А.Е., Щеулин А.С. *Оптика и спектроскопия*, **71**, № 1, 77 (1991).