

05;07;12

## ПРИРОДА ОСТАТОЧНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В ПАССИВНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ЗАТВОРАХ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛОВ ФТОРИСТОГО ЛИТИЯ С $F_2^+$ -ЦЕНТРАМИ ОКРАСКИ

© Л.И.Шепина

В отличие от пассивных лазерных затворов на основе кристаллов  $\text{LiF}(\text{F}_2^-)$  [1], насыщающиеся поглотители на основе  $\text{LiF}(\text{F}_2^+)$  [2] не получили широкого распространения. Это вызвано рядом причин, и одна из них — высокий уровень остаточных потерь. Нетрудно показать, что энергия моноимпульса и соответственно коэффициент полезного действия лазера существенно зависят от коэффициента остаточного поглощения ( $\delta = K_n/K_0$ , где  $K_n$  — коэффициент поглощения неактивных потерь;  $K_0$  — начальный коэффициент поглощения).

Исследовались  $\gamma$ -облученные кристаллы  $\text{LiF}$  с начальным пропусканием на длине волны излучения рубинового лазера 30%. Рубиновый лазер генерировал пуг импульсов до десяти импульсов в последовательности со следующими параметрами отдельного импульса:  $\tau = 100$  нс,  $P = 2$  МВт. При этом плотность энергии излучения в режиме свободной генерации была  $3$  Дж/см<sup>2</sup>. В процессе испытания пассивных лазерных затворов были отобраны образцы с максимальным  $\delta = 0.48$  и минимальным коэффициентом остаточного поглощения  $\delta = 0.2$  (сравните: для затворов на основе  $\text{LiF}(\text{F}_2^-)$  удалось уменьшить  $\delta$  до 0.04).

В чем причина столь высокого уровня остаточных потерь для насыщающихся поглотителей на основе  $\text{LiF}(\text{F}_2^+)$ ? Чтобы ответить на этот вопрос был проведен следующий эксперимент. Пассивный лазерный затвор с  $\delta = 0.48$  размерами  $10 \times 10 \times 10$  мм помещался в охлаждаемый водой квантрон ИАГ-Nd лазера, где подвергался оптическому обесцвечиванию интегральным светом ксеноновых ламп. В результате такой обработки удалось визуально наблюдать канал, наведенный излучением рубинового лазера. На рис. 1 представлен спектр оптического поглощения, свидетельствующий об образовании в канале, наряду с  $F_3^+$ -центрами окраски ( $\lambda_m = 458$  нм),  $F_2$ -центров ( $\lambda_m = 444$  нм) в результате хранения образцов в течение суток после обработки. Свидетельством наличия  $F_2$ -центров в канале является характерное красное свечение с  $\lambda_m = 680$  нм при возбуждении

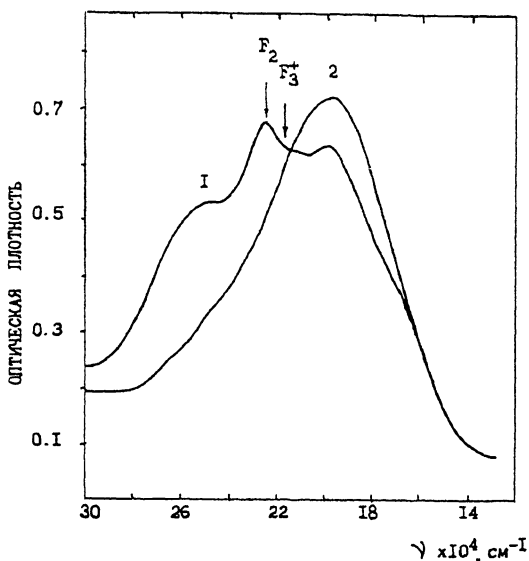


Рис. 1. Спектр оптического поглощения пассивного лазерного затвора на основе  $\text{LiF}(\text{F}_2^+)$ . Измерен в канале, наведенном излучением рубинового лазера (1) и в прилегающей к каналу области (2) после оптического обесцвечивания интегральным светом ксеноновых ламп и хранения в течение суток.

в полосу с  $\lambda_m = 444$  нм. Следовательно, в процессе работы пассивного лазерного затвора накопленная активным веществом энергия будет расходоваться как на просветление фильтра (переход стабильных  $\text{F}_2^+$ -центров в возбужденное состояние), так и на ионизацию  $\text{F}_2$ -центров по двухфотонному механизму:  $\text{F}_2 \xrightarrow{2h\nu=3.58\text{eB}} \text{F}_2^+ + e$ . Вновь образованные нестабильные  $\text{F}_2^+$ -центры и обуславливают высокий уровень остаточных потерь в течение генерации моноимпульса, влияя на его энергетические характеристики. При хранении образцов эти центры преобразуются в  $\text{F}_2$  и  $\text{F}_3^+$ .

Известно, что в зависимости от окружения  $\text{F}_2$ -центры в кристаллах  $\text{LiF}$  имеют различную термическую и оптическую устойчивость [3]. Выбрав образец с нестабильными  $\text{F}_2$ -центрами, мы можем уменьшить коэффициент остаточного поглощения в модуляторах добротности на основе  $\text{LiF}(\text{F}_2^+)$ . Необходимо пояснить, что нестабильные  $\text{F}_2$ -центры, в отличие от стабильных  $\text{F}_2$ -центров, могут разрушаться не только в результате ионизации при оптическом воздействии, но и при взаимодействии с междузельными

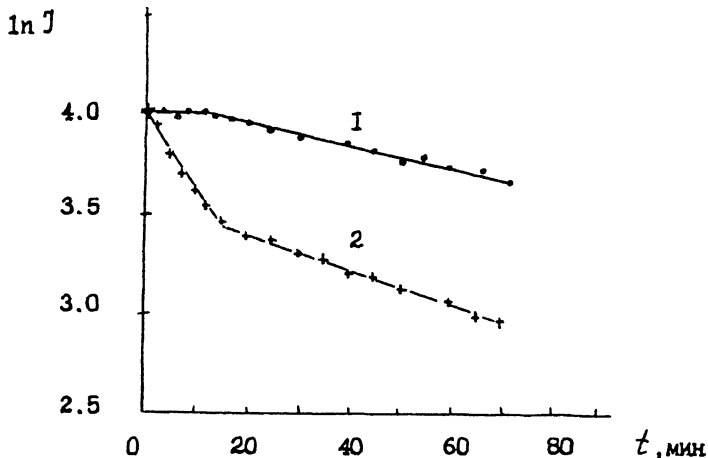


Рис. 2. Зависимость логарифма интенсивности люминесценции  $F_2$ -центров при возбуждении излучением азотного лазера от времени облучения для образца со стабильными  $F_2$ -центрами (1) и нестабильными  $F_2$  (2).

атомами галоида ( $i_a^0$ ) по следующему механизму:  $F_2 + i_a^0 \rightarrow F$  [4]. Об этом же свидетельствует ход кривых на зависимости  $\ln J = f(t)$  для двух образцов со стабильными и нестабильными  $F_2$ -центрами, где  $J$  — интенсивность люминесценции  $F_2$ -центров при возбуждении азотного лазера ЛГИ-21 ( $\lambda = 337$  нм,  $f = 100$  Гц,  $P_{\text{имп}} = 1.6$  кВт);  $t$  — время облучения. Классификация образцов была осуществлена на основании кривых по термическому отжигу: центры, которые отжигались в интервале температур  $80-310^\circ\text{C}$  были отнесены к нестабильным  $F_2$ -центрам; центры, которые начинают разрушаться с  $T = 210^\circ\text{C}$  — к стабильным  $F_2$ . Анализ зависимости, представленной на рис. 2, кривая 1, для образца со стабильными  $F_2$ -центрами свидетельствует о наличии одной компоненты на кривой обесцвечивания, а следовательно, и о разрушении их по одному механизму: в результате фотоионизации. Для образца с нестабильными  $F_2$ -центрами (рис. 2, кривая 2) наблюдается две экспоненты, указывающие на вклад двух механизмов в процесс разрушения  $F_2$ -центров: 1) в результате взаимодействия с междоузельными атомами галоида и 2) фотоионизации  $F_2$ -центров. В первые 15 минут воздействия излучения азотного лазера разрушаются  $F_2$ -центры, находящиеся в парном распределении с электронными ловушками ( $D^+$ ):  $\{F_2, D^+\}$ , где  $D^+ = V_2, V_4, O_2^0$  и т. д. Тем самым уменьшается концентрация  $F_2$ -центров, которые будут участвовать в фотоио-

низационном процессе, приводя к образованию нестабильных  $F_2^+$ . В результате следует ожидать в таких кристаллах более низкий уровень остаточных потерь. Сравните: в кристаллах со стабильными  $F_2$ -центрами  $\delta = 0.48$ ; в кристаллах с нестабильными  $F_2$  —  $\delta = 0.2$ .

Таким образом, установлена природа остаточного поглощения в лазерном затворе на основе  $LiF(F_2^+)$ , обусловленная нестабильными  $F_2^+$ -центрами, наведенными в результате двухфотонного механизма ионизации  $F_2$ -центров в момент его просветления. К сожалению, чтобы уменьшить уровень остаточных потерь, необходимо модуляторы добротности изготавливать из кристаллов с нестабильными  $F_2$ -центрами. Как правило, такие кристаллы характеризуются и нестабильными рабочими  $F_2^+$ -центрами. Это одна из причин, почему насыщающиеся поглотители на основе  $LiF(F_2^+)$  не получили широкого распространения.

В заключение автор благодарит Ю.М. Титова и В. Лызганова за помощь в измерении коэффициента остаточного поглощения.

#### Список литературы

- [1] Басиев Т.Т., Кравец А.И., Миров С.Б. и др. // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17. В. 9. С. 16–22.
- [2] Иванов Н.А., Парфианович И.А., Титов Ю.М. и др. // Письма в ЖТФ. 1984. Т. 10. В. 7. С. 425–429.
- [3] Шепина Л.И., Лобанов Б.Д., Максимова Н.Т. и др. // Опт. и спектр. 1986. Т. 60. В. 2. С. 402–403.
- [4] Лобанов Б.Д., Максимова Н.Т., Шепина Л.И. // ЖПС. 1981. Т. 35. В. 2. С. 335–337.

Поступило в Редакцию  
4 сентября 1996 г.