

05; 07

© 1993

РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННЫЕ ЭФФЕКТЫ В КРИСТАЛЛАХ ТРИБОРАТА ЛИТИЯ (LiB_3O_5)

И.Н. Огородников, В.Ю. Иванов,
А.Ю. Кузнецов, А.В. Кружалов,
В.А. Маслов, Л.А. Ольховая

В последние годы достигнуты существенные успехи в разработке лазерных систем с высокой плотностью излучения, что в значительной мере обусловлено появлением новых нелинейных оптических сред. В конце 80-х годов были получены объемные кристаллы трибората лития LiB_3O_5 (LBO) [1-3], которые превосходят по порогу оптического повреждения известные материалы (KTP , KDP и др.) при сопоставимых нелинейных коэффициентах. Это выдвинуло кристаллы LBO в ряд высокоэффективных преобразователей лазерного излучения, в частности, $Al_2O_3:Ti$ - лазеров. В настоящем сообщении впервые рассмотрены радиационно-стимулированные эффекты в кристаллах трибората лития.

Монокристаллы LBO оптического качества выращены модифицированным раствор-расплавным методом с вытягиванием затравки в одно- и двухзонной печах в платиновых тиглях [4]. Идентификация кристаллов LBO осуществлена путем рентгено-структурного анализа. Основные кристаллографические параметры соответствуют данным работы [5].

Люминесценция LBO и ее кинетика изучены на автоматизированной установке для анализа радиационно-оптических свойств твердых тел (монохроматор МДР-2, ФЭУ-106 в режиме счета фотонов) [6] при возбуждении рентгеновским излучением (УРС-55, Cu - антикатод, $U = 40$ кВ, $I = 10$ мА) или электронным пучком (МИРА-2Д, $I = 1$ А·см⁻², $\tau_{имп} = 10$ нс). Термоактивационные исследования в практически важной области температур 77-600 К выполнены на автоматизированном комплексе [7] после возбуждения кристалла рентгеновским излучением.

В отличие от многих других нелинейных кристаллов (например, KTP , KDP), LBO ($E_g \approx 7.75$ эВ) обладает интенсивной люминесценцией при возбуждении корпускулярным и рентгеновским излучениями. Спектр стационарной рентгенолюминесценции при 300 К представлен широкой УФ-полосой с максимумом 4.2 эВ и слабым плечом в районе 3.4 эВ (рис. 1). УФ-полоса элементарна и хорошо аппроксимируется функцией Гаусса (ширина на полувысоте 0.9 эВ). При температуре 77 К уменьшение интенсивности этого свечения сопровождается сдвигом его максимума в сторону более длинных волн на 0.14 эВ. УФ-люминесценция LBO при 4.2 эВ обладает сложной температурной зависимостью.

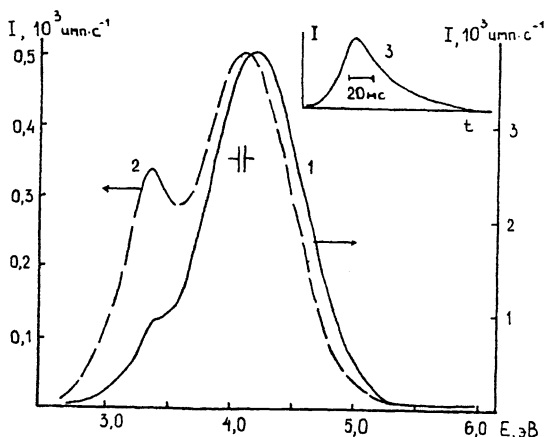


Рис. 1. Спектры стационарной рентгенолюминесценции кристаллов *LBO* при 290 (1) и 77 К (2) и кинетика импульсной катодолюминесценции при 290 К в полосе при 4.2 эВ (3).

В области 240–450 К происходит ее тушение, подчиняющееся закону Мотта с энергией активации $E_m = 295$ мэВ. Напротив, при 100–240 К люминесценция *LBO* эффективно разгорается почти в 10 раз, достигая максимума при 240 К. Анализ причин этого разгорания показал его явно термоактивационный характер с энергией активации 67 мэВ. Кинетика УФ-люминесценции характеризуется начальной быстрой экспонентой ($\tau = 20$ нс) и менее интенсивными медленными составляющими (рис. 1).

Одним из наиболее информативных методов изучения радиационных эффектов в люминесцирующих твердых телах является метод термостимулированной люминесценции (ТСЛ). Необлученные кристаллы *LBO* не проявляют ТСЛ. После рентгеновского облучения или электронной бомбардировки при 77 К в диапазоне температур 77–600 К обнаружены четыре основных пика ТСЛ, соответствующие термическому распаду центров захвата (рис. 2). Анализ термоактивационных параметров проводили путем исследования формы пиков ТСЛ с использованием математического аппарата теории квазихимических реакций (см. таблицу).

Из таблицы видно, что порядок кинетики рекомбинационных процессов в *LBO* существенно отличается от единицы. Явно завышенное значение (3–4) порядка кинетики при 240 К может быть обусловлено как термическим тушением люминесценции в этой области температур, так и суперпозицией нескольких элементарных процессов. Обращает на себя внимание пониженное значение предэкспоненциального множителя в области температуры 130 К. При выполнении приближений зонной модели рекомбинационного процесса эта величина должна иметь порядок предельной частоты коле-

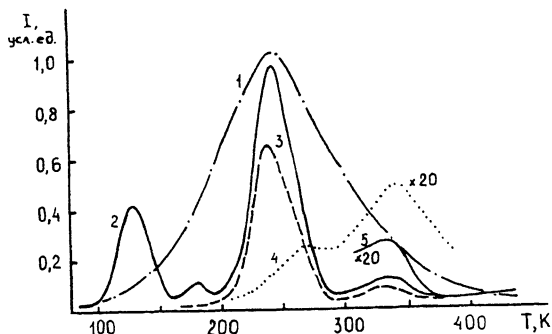


Рис. 2. Температурная зависимость интенсивности стационарной рентгенолюминесценции *LBO* (1) и кривые ТСЛ *LBO*, облученных рентгеновским излучением при 77 (2), 170 (3), 220 (4) и 290 К (4).

Термоактивационные параметры основных рекомбинационных процессов в кристаллах *LBO*

Температура максимума ТСЛ, К	Порядок кинетики	Энергия активации, эВ	Предъэкспоненц. множитель, с ⁻¹
130	1.86	0.148	$1 \cdot 10^{+4}$
180	1.58	0.50	$5 \cdot 10^{+12}$
240	(3-4)	0.56	$1 \cdot 10^{+11}$
332	2	0.90	$5 \cdot 10^{+11}$

баний решетки для данной температуры. Наблюдаемый эффект понижения может быть обусловлен диффузионно – контролируруемыми или туннельными рекомбинационными процессами.

Спектральный состав ТСЛ наиболее интенсивных пиков при 130 и 240 К близок к таковому для стационарной люминесценции, что свидетельствует об участии центров захвата в процессе возбуждения стационарной люминесценции в кристаллах *LBO*. В самом деле, между кривой ТСЛ и температурной зависимостью рентгенолюминесценции *LBO* наблюдается определенное соответствие. Стационарная люминесценция разгорается в области основных пиков ТСЛ при 130 и 240 К, а максимум ее интенсивности приходится на 240 К. Однако энергия активации разгорания рентгенолюминесценции не согласуется с энергиями активации ТСЛ, что возможно при участии в процессе нескольких типов центров захвата, отличающихся концентрацией.

Нами установлено, что температура облучения кристаллов $LiBO$ в сильной степени влияет на скорость накопления дефектов (рис. 2). Образование дефектов крайне неэффективно при комнатной температуре. Действительно, при этой температуре нами не удалось обнаружить полос наведенного оптического поглощения. По мере понижения температуры облучения эффективность дефектообразования повышается (рис. 2).

Таким образом, результаты настоящего исследования свидетельствуют об эффективном создании и накоплении дефектов в кристаллах $LiBO$ при рентгеновском и электронном возбуждении при низких температурах. Дефекты остаются стабильны при температурах вплоть до 290 К и активно проявляются в люминесцентных процессах. Близость областей термической стабильности дефектов и рабочих температур кристалла-преобразователя может стать критической с точки зрения стабильности нелинейных свойств $LiBO$ и выдвигает изучение процессов дефектообразования в число актуальных проблем.

Авторы признательны И.Н. Анцыгину за помощь в работе.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Z h a o S., H u a n g C., Z h a n g H. // J. Crystal Growth. 1990. V. 99. P. 805-810.
- [2] F a l i X., B a i c h a n g W., G u m i n g Y. et al. // Opt. Lett. 1991. V. 16, N 16. P. 1237-1239.
- [3] C h e n C., W u Y., J i a n g A. et al. // J. Opt. Soc. Amer. 1989. V. 6, N 4. P. 616-621.
- [4] M a s l o v V.A., O l k h o v a y a L.A., O s i k o V.V. et al. 10 Int. Conf. on Cryst. Growth: Oral Presentation Abstracts. San-Diego, USA, 1992. P. 11.
- [5] K o n i g H., H o p p e R. // Z. Anorg. Allg. Chem. 1978. V. 439. P. 71-79.
- [6] В и к т о р о в Л.В., В о л к о в А.Р., К о в ш о в А.Н. и др. Радиационно-стимулированные явления в твердых телах: Межвуз. сб. Свердловск, 1985. С. 109-117.
- [7] О г о р о д н и к о в И.Н., К у л е с с к и й А.Р., Г и н и я т у л и н К.Н. Химия твердого тела: Межвуз. сб. Свердловск, 1986. С. 70-77.

Уральский политехнический институт, г. Екатеринбург

Поступило в Редакцию
1 декабря 1992 г.