

06:07:12

ПироэлектрOLUMИНЕСЦЕНЦИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ БЕТА-БОРАТА БАРИЯ

© В.Т. Адамив, Я.В. Бурак, М.Р. Панасюк, И.М. Теслюк

Институт физической оптики, Львов, Украина

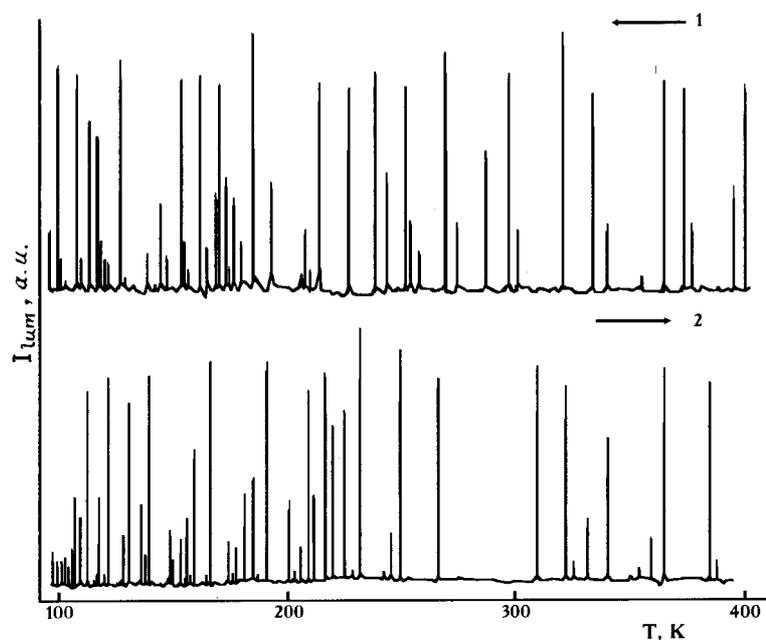
Поступило в Редакцию 29 июля 1997 г.

Исследовались пиролюминесцентные свойства монокристаллов бета-бората бария. Измерения выполнены при давлении воздуха 1–10 Па и температуре 80–400 К. Наблюдалось свечение во всем диапазоне экспериментальных условий в виде отдельных вспышек. Зарегистрировано совпадение вспышек света и колебаний пиротока.

Метаборат бария BaB_2O_4 может существовать в двух модификациях: низкотемпературной нецентросимметричной β -фазе с пространственной группой $3m$ и высокотемпературной центросимметричной α -фазе с пространственной группой $\bar{3}m$, с фазовым переходом при температуре 1198 ± 5 К [1,2]. Большой практический интерес представляет β -фаза BaB_2O_4 (ВВО), которая является весьма перспективным нелинейно-оптическим материалом, обладающим чрезвычайно высокой лучевой прочностью. Поэтому оптические и нелинейно-оптические свойства ВВО исследуются довольно интенсивно. Однако другие физические свойства ВВО (пироэлектрические, пьезоэлектрические, люминесцентные и др.) исследованы слабо. Настоящее сообщение посвящено обнаруженному в монокристаллах ВВО эффекту пироэлектрOLUMИНЕСЦЕНЦИИ (ПЭЛ).

Монокристаллы ВВО выращивали модифицированным методом Чохральского из раствора в расплаве на затравку. Как растворитель использовали Na_2O . Состав используемого раствор-расплава при росте ВВО составлял 78 mol.% BaB_2O_4 и 22 mol.% Na_2O . Образцы для исследования вырезались из качественных частей выращенных монокристаллов и имели форму пластин с размерами $1.5 \times 4 \times 6$ mm.

Измерения проводились в криостате при остаточном давлении воздуха 1–10 Па в температурном интервале 80–400 К. Регистрация излучения ПЭЛ проводилась с помощью ФЭУ-39. Скорость изменения температу-



Температурные зависимости I_{lum} кристалла β -BaV₂O₄ в режиме охлаждения — кривая 1 и нагревания — кривая 2 (направления изменения температуры указаны стрелками).

ры при охлаждении менялась в интервале 0.08–0.25 K/s (в отдельных случаях проводилась прямая заливка жидкого азота в криостат), а при нагревании — не превышала 0.15 K/s.

На рисунке приведена температурная зависимость интегрального излучения кристалла ВВО при охлаждении (кривая 1) и нагревании (кривая 2). Из рисунка четко видно, что свечение кристалла ВВО, в виде отдельных вспышек, регистрируется во всем исследуемом диапазоне температур (80–400 К). Амплитуда и частота следования вспышек света изменяется в зависимости от скорости изменения температуры и давления окружающего газа и при высоких температурах несколько уменьшается. При стабилизации температуры, после ее изменения, вспышки света прекращаются. Эти особенности свечения ВВО при изменении

температуры свидетельствуют в пользу пирозлектрического характера наблюдаемой люминесценции — ПЭЛ. Когда на исследуемый образец были нанесены проводящие контакты и одновременно с регистрацией интенсивности свечения регистрировался пироток, наблюдалось четкое совпадение между вспышками света и колебаниями пиротока.

Как известно, ПЭЛ при изменении температуры пироактивного кристалла связана с электрическими полями, которые возникают в кристалле вследствие пирозлектрического эффекта, и уже наблюдалась во многих кристаллах — LiNbO_3 , турмалина [4], прустита и пираргирита [5], метагерманата лития [6], BeO [7], $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ [8] и LiB_3O_5 [9], обладающих пирозэффектом. Механизм ПЭЛ для разных кристаллов предлагается различный — от чистого электрического газового разряда на поверхности кристалла до суммирования поверхностного пробоя, внутреннего пробоя и собственного излучения кристалла, связанного, например, с фото- или электролюминесценцией.

Из результатов работ [10,11] известно, что монокристаллы ВВО обладают достаточно высоким значением пирокоэффициента ($14.5\text{--}15.0 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2 \cdot \text{K}$) при комнатной температуре, который остается почти постоянным в температурном интервале 100–300 К. Простой расчет показывает, что при таких значениях пирокоэффициента достаточно изменения температуры кристалла ВВО на несколько градусов (конкретные значения ΔT зависят от скорости изменения температуры dT/dt), чтобы в результате накопления пирозаряда были достигнуты напряженности электрического поля E до 10^7 V/m . Этого достаточно для пробоя воздуха даже при нормальном атмосферном давлении (10^5 Pa), а тем более при пониженных давлениях 1–10 Па в нашем случае. Отдельный эксперимент нагревания выше комнатной температуры при 10^5 Pa показал, что вспышки ПЭЛ наблюдаются, но реже и с меньшей интенсивностью, чем при пониженном давлении. Обращает на себя внимание полная аналогия кривых $I_{\text{lum}}(T)$ (рис. 1) для процессов охлаждения (кривая 1) и нагревания (кривая 2) и отсутствие фонового свечения, в отличие от боратов лития [8,9]. Это может свидетельствовать об отсутствии в ВВО каких-либо структурных превращений в температурном интервале 80–400 К (ПЭЛ чувствительна к особенностям температурного поведения физических свойств кристалла и наличию фазовых переходов [9]).

Аналогичный эксперимент на наличие ПЭЛ был проведен и с α -фазой BaV_2O_4 . Но никаких следов ПЭЛ, естественно, в α - BaV_2O_4

не выявлено, чего и следовало ожидать, так как α - BaV_2O_4 принадлежит к центросимметричному классу кристаллов, не обладающему пироэлектрическим эффектом.

Из результатов данной работы следует один важный, на наш взгляд, вывод. Наблюдение ПЭЛ при температурах 300–400 К свидетельствует о возникновении сильных электрических полей и разрядов внутри и на поверхности кристаллов при изменении температуры в области рабочих температур нелинейно-оптических элементов из ВВО. А это может быть дополнительной причиной более частого (по сравнению с LiB_3O_5) растрескивания рабочих нелинейно-оптических элементов из ВВО при больших мощностях лазерного излучения.

Список литературы

- [1] *Eimerl D., Devis L., Velsko S., Graham E.K., Zalkin A.* // J. Appl. Phys. 1987. V. 62. N 5. P. 1968–1983.
- [2] *Никогосян Д.Н.* // Электронная техника. Сер. Лазерная техника и оптоэлектроника. 1990. В. 2 (54).
- [3] *Mirza K.A., Townsend P.D., Destefanis G.L.* // Phys. Stat. Sol. (a). 1978. V. 47. N 1. P. K63–K66.
- [4] *Nambi K.S.V.* // Phys. Stat. Sol. (a). 1984. V. 82. N 1. P. K71–K73.
- [5] *Бравина С.Л., Кадацук Л.К., Морозовский Н.В. и др.* // ЖТФ. 1988. Т. 58. № 7. С. 1404–1407.
- [6] *Бравина С.Л., Кадацук Л.К., Морозовский Н.В. и др.* // ЖТФ. 1990. Т. 60. № 1. С. 91–101.
- [7] *Шульгин В.В., Кружалов А.В., Огородников И.Н. и др.* // ЖПС. 1988. Т. 48. № 2. С. 286–291.
- [8] *Антоняк О.Т., Бурак Я.В., Лысейко И.Т. и др.* // Опт. и спектр. 1986. Т. 61. № 3. С. 550–553.
- [9] *Бурак Я.В.* // УФЖ. 1997. Т. 42. № 4. С. 466–468.
- [10] *Шалдин Ю.В., Поправски Р., Матьясик С. и др.* // ФТТ. 1995. Т. 37. № 4. С. 1160–1168.
- [11] *Guo R., Bhalla A.S.* // J. Appl. Phys. 1989. V. 66. N 12. P. 6186–6188.