

Влияние одноосного сжатия на люминесценцию автолокализованных экситонов в CsI при 80 К

© А.З. Бекешев*, Е.А. Васильченко, К.Ш. Шункеев*, А.А. Эланго

Институт физики Эстонии, EE2400 Тарту, Эстония

* Актюбинский педагогический институт, 463000 Актюбинск, Казахстан

(Поступила в Редакцию 18 июля 1996 г.)

Для исследования релаксации возбуждения в щелочно-галогидных кристаллах (ЩГК) мы пользовались ранее [1,2] методом одноосного сжатия, предложенным и развитым в [3]. В напряженной одноосным сжатием кристаллической решетке симметрия понижается, могут изменяться условия миграции и автолокализации возбуждений, а также устойчивость различных конфигураций автолокализованных экситонов (АЛЭ). В данной работе приведены результаты исследования влияния напряжения одноосного сжатия при 80 К на спектры люминесценции кристаллов CsI (выращены в ИФ Эстонии из сырья, прошедшего шестидесятикратную зонную плавку), возбужденных при 80 К глубокопроникающими X-лучами (120 кВ, 4 мА) и светом (через монохроматор ВМР-2), соответствующим селективному созданию экситонов (5.85 eV) и электронно-дырочных пар (6.45 eV) [4]. Величина сжатия не превышала 1 Кбар, сжатие равнялось нескольким процентам. Использовались неориентированные кристаллы CsI, что является приближением к реально встречающимся на практике сжатия (закреплениям). Все спектры исправлены.

При возбуждении светом с энергией квантов 5.85 eV в спектре люминесценции (кривая 1 на рис. 1) видны две полосы с максимумами около 3.67 и 4.25 eV. Первое свечение — это хорошо известное [4–10] излучение АЛЭ, связываемое [5,7] с его off-конфигурацией. Второе свечение по положению максимума близко к интенсивному при 4.2 К свечению АЛЭ, имеющему [5,7] on-конфигурацию, которое считается при температуре 80 К практически потушенным, а в дальнейшем разгорается вновь со смещением до 4.1 eV при 300 К [4,7]. Однако в некоторых работах [8,9] и при 80 К в этой области спектра было зарегистрировано свечение (спектры похожи на приведенные в настоящей работе). Такие различия указывают на высокую структурную чувствительность соответствующих центров свечения. При возбуждении светом с энергией квантов 6.45 eV спектр свечения совсем другой (кривая 2 на рис. 1): хорошо выделяются примесные и околодефектные свечения [8–11] (в области 2.0–3.5 eV и около 4.05 eV), интенсивность которых сравнима со свечением off-центров. Вклад свечения 4.25 eV мал. В противоположность этому при возбуждении x-лучами (кривая 1 на рис. 2) интенсивность последнего, наоборот, выше интенсивности свечения

off-центров АЛЭ, а примесные свечения практически незаметны. При приложении одноосного сжатия спектры свечения при всех способах возбуждения становятся одинаковыми и состоят преимущественно из одной полосы свечения off-центров АЛЭ (кривые 1', 2' на рис. 1, 2).

Одним из результатов данного исследования является то, что одноосное сжатие существенно ослабляет интенсивность примесных свечений, которые в данном кристалле максимально проявились при создании электронно-дырочных пар. При 80 К автолокализованные дырки в CsI уже подвижны [12], и наличие примесных свечений в ненапряженном кристалле является следствием прыжковой миграции дырок к примесям. Тот факт, что передача возбуждения примесям при селективном создании экситонов в CsI при 80 К мала, может быть связан с малым временем жизни экситонов по отношению к их излучательному распаду. Прыжковая миграция экситонов, надежно зарегистрированная ранее для других ЩГК [13], в CsI, возможно, не успевает реализоваться. Для дырок опасность излучательного распада актуальна лишь после захвата электронов, и потому они успевают эффективно переносить возбуждение. Незначительность передачи возбуждения примесям при X-облучении наводит на мысль о том, что в треках высокоэнергетических квантов может быть эффективно рекомбинационное рождение экситонов. В напряженном кристалле CsI миграция дырок, очевидно, затруднена, что приводит к их принудительной автолокализации в местах рождения и к увеличению во много раз свечения off-конфигураций АЛЭ. Усиление этого свечения значительно меньше, если передача возбуждения на примеси и дефекты изначально была мала (как при возбуждении X и 5.85 eV).

Интересно сравнить полученные результаты с данными метода гидростатического сжатия [5,14], когда симметрия решетки не понижается, но уменьшается ее постоянная. В противоположность методу одноосного сжатия наблюдается увеличение барьера для автолокализации и усиление передачи на примеси, а также исчезновение (при больших давлениях) свечения АЛЭ 3.67 eV. Последнее и послужило основанием для предположения, что это свечение обусловлено излучательной релаксацией off-центров АЛЭ, которые

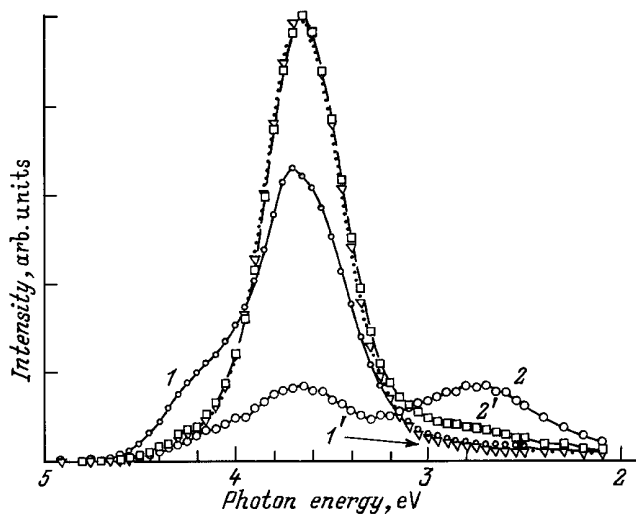


Рис. 1. Фотолюминесценция CsI, при 80 К облученного светом с энергией кванта 5.85 (1, 1') и 6.45 eV (2, 2'). 1, 2 — до приложения напряжения сжатия, 1', 2' — в однооснонагруженном при 80 К до 2% сжатия кристалле.

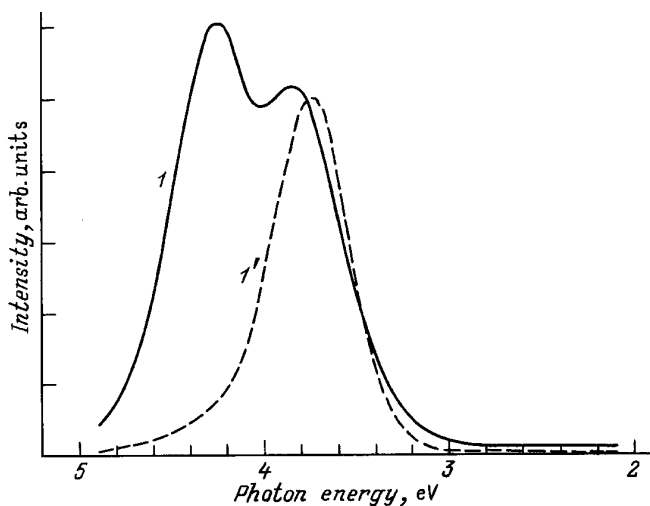


Рис. 2. Рентгенолюминесценция CsI при 80 К: 1 — до приложения напряжения сжатия, 1' — в однооснонагруженном при 80 К до 4% сжатия кристалле.

при гидростатическом сжатии становятся неустойчивыми. Наши данные согласуются с этой гипотезой, так как при одноосном сжатии устойчивость соответствующих центров свечения сохраняется, что и можно ожидать для off-конфигурации АЛЭ.

Другим результатом работы является факт уменьшения в десятки раз свечения 4.25 eV при приложении одноосного сжатия. Этот факт интересен потому, что короткое (по [8,9]) свечение в этой области спектра перспективно использовать в сцинтилляторах [7–9]. Уменьшение свечения 4.25 eV согласуется как с возможностью потери устойчивости оп-конфигурации АЛЭ, так и с возможной примесной

природой этого свечения (тогда оно уменьшается из-за ослабления миграции возбуждений). Если это примесь, то надо объяснить, почему она при 80 К очень слабо возбуждается светом с энергией кванта 6.45 eV, когда другие примеси, наоборот, отчетливо проявлены. Если это свечение АЛЭ в оп-центральной конфигурации, то следует объяснить, почему его при 80 К далеко не всегда можно зарегистрировать. Одной из возможных причин расхождения экспериментальных результатов разных авторов может быть наличие неконтролируемых напряжений в кристалле, которые, как видно из результатов данной работы, способны радикально изменить соотношение полос свечения в CsI.

В заключение выражаем благодарность академику Ч.Б. Луцику за ценные замечания.

Список литературы

- [1] А.З. Бекешев, Е.А. Васильченко, Е.Т. Сармуханов, К.Ш. Шункеев, А.А. Эланго. ФТТ **36**, 2, 330 (1994).
- [2] К. Шункеев, Е. Васильченко, А. Эланго. ЖПС **62**, 3, 156 (1995).
- [3] А.А. Каплинский. Опт. и спектр. **41**, 602 (1964).
- [4] Н. Lamatsch, J. Rossel, E. Saurer. Phys. Stat. Sol. **41**, 605 (1970); **48**, 311 (1971).
- [5] Т. Tsujimoto, Н. Nishimura, М. Nakayama, Н. Kirusu, Т. Komatsu. J. Lumin. **60–61**, 798 (1994).
- [6] Л.Е. Нагли, М.Н. Карклинин. ФТТ **31**, 13, 160 (1989).
- [7] Н. Nishimura, М. Sakata, Т. Tsujimoto, М. Nakayama. Phys. Rev. **B51**, 2167 (1995).
- [8] А.Н. Belsky, А.Н. Vasil'ev, V.V. Mikhailin, А.В. Gektin, N.V. Shiran, А.Л. Rogalev, Е.И. Zinin. Rev. Sci. Instrum. **63**, 1, 806 (1992).
- [9] М. Abdrakhmanov, S. Chernov, R. Deich, V. Gavrilov. J. Lumin. **54**, 197 (1992).
- [10] В.В. Гаврилов, А.В. Гектин, Н.В. Ширан, Т.А. Чаркина. ФТТ **31**, 5, 961 (1989).
- [11] М. Kirm, L. Jonsson, I. Martinson. MAX Lab.-Activity Rep. Lund (Sweden), 160 (1994); 204 (1995).
- [12] Т. Sidler, J.P. Pellaux, А. Noualhat, М.А. Aegerter. Solid State Commun. **13**, 479, 979 (1973).
- [13] Ч.Б. Луцик, Е.А. Васильченко, Н.Е. Луцик, Л.А. Пунг. Тр. ИФА АН ЭССР **39**, 3 (1972).
- [14] А.И. Лайсаар, Г.С. Завт, Я.Я. Кирс, В.С. Щербаков. Тр. ИФ АН ЭССР **63**, 177 (1989).