

- [1] Окунев В. Д., Самойленко З. А. // Письма в ЖЭТФ. 1986. Т. 43. № 1. С. 24—27.
 [2] Бакай А. С. Полликластерные аморфные тела. М.: Энергоатомиздат, 1987. 194 с.
 [3] Окунев В. Д., Пафомов Н. Н., Самойленко З. А. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 5. С. 1344—1352.
 [4] Окунев В. Д., Самойленко З. А. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. № 17. С. 1621—1625.
 [5] Китайгородский А. П. Рентгеноструктурный анализ мелкокристаллических и аморфных тел. М.; Л., 1952. 588 с.
 [6] Окунев В. Д., Юров А. Г. // Письма в ЖТФ. 1979. Т. 5. № 3. С. 161—165.
 [7] Тонкис пленки. Взаимная диффузия и реакции / Под ред. Дж. Поута, К. Ту, Дж. Мейера. М.: Мир, 1982. 576 с.

Донецкий физико-технический
институт АН УССР
Донецк

Поступило в Редакцию
7 апреля 1988 г.
В окончательной редакции
3 апреля 1989 г.

УДК 535.343.2

Физика твердого тела, том 31, в. 9, 1989
Solid State Physics, vol. 31, N 9, 1989

ВНУТРИЗОННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КРИСТАЛЛА CsI ПРИ ЛАЗЕРНОМ И ЭЛЕКТРОННОМ СПОСОБАХ ВОЗБУЖДЕНИЯ

Р. Г. Дейч, М. Н. Карклия, Л. Е. Нагли

В [1] было сообщено об обнаружении в CsI полосы люминесценции с малым (≤ 10 пс) временем затухания при облучении кристалла импульсами электронов. Была предложена интерпретация сверхбыстрой люминесценции (СБЛ) в рамках представлений о внутризонной люминесценции. В настоящей работе с целью детализации механизма СБЛ проведено исследование свечения CsI как при возбуждении субнаносекундными импульсами электронов, так и при двухфотонном возбуждении импульсами эксимерного лазера.

Измерялись спектры и кинетики свечения чистых и активированных Na^+ кристаллов CsI при возбуждении сильноточным ускорителем электронов (50 пс, 400 кэВ, 100 А/см²) и эксимерными лазерами Krf и XeF (5 нс, 10^7 — 10^8 Вт/см², $h\nu_s = 4.98$ и 3.54 эВ соответственно). В первом случае регистрация люминесценции производилась с помощью электронно-оптической камеры (ЭОК) с предельным временным разрешением ~ 10 пс, во втором — с помощью ФЭУ и скоростного осциллографа с разрешением ~ 5 нс.

При возбуждении импульсами электронов кристаллов CsI и CsI—Na наблюдался быстрый компонент СБЛ с $\tau \leq 10$ пс (рис. 1). В случае CsI—Na наряду с безынерционным компонентом, повторяющим импульс возбуждения, в свечении присутствует нарастающий компонент, связанный с околонариевым экситоном [2]. Введение активатора ($3 \cdot 10^{18}$ см⁻³ Na⁺) не влияет, как видно из рис. 1, на интенсивность СБЛ. Форма импульса СБЛ не зависит от температуры в интервале 7—400 К. Спектр СБЛ (рис. 2, кривая 1) имеет коротковолновый край при 2,5 эВ. В длинноволновой области спектр ограничивается спектральной чувствительностью ЭОК.

Кривая 2 (рис. 2) представляет собой распределение компонента СБЛ, повторяющего 5 нс импульс возбуждения лазера Krf. Интенсивность СБЛ квадратично зависит от плотности мощности излучения лазера в интервале 10^7 — 10^8 Вт/см², что указывает на двухфотонный характер возбуждения СБЛ. Коротковолновый край СБЛ сдвигнут относительно кривой 1 на 0,5 эВ. В длинноволновой области наблюдается рост СБЛ вплоть до $h\nu = 1.0$ эВ. Возбуждение лазером XeF не приводит к возникновению СБЛ,

однако в спектре CsI—Na присутствует двухфотонная люминесценция околоактиваторного экситона (кривая 3) с максимумом при 3.0 эВ.

Выход СБЛ был определен для случая электронного возбуждения путем сравнения светосумм полосы СБЛ и полосы околонатриевого экситона с известным квантовым выходом (0.3 [2]) и составил $\sim 10^{-5}$. При-

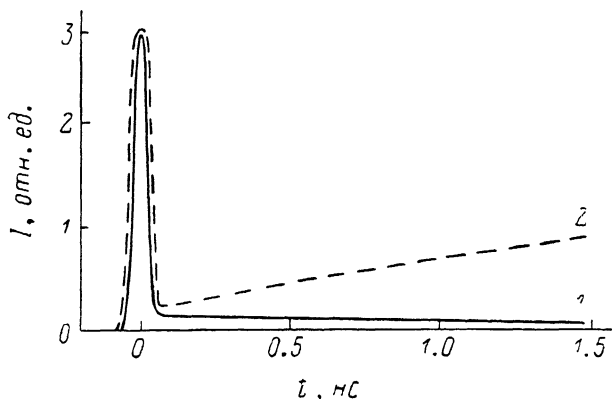


Рис. 1. Кинетика свечения CsI (1) и CsI—Na ($3 \cdot 10^{18}$ см $^{-3}$ Na $^{+}$) (2) при $h\nu=2.5$ эВ, $T=300$ К при возбуждении импульсами электронов длительностью 50 пс.

веденные выше экспериментальные данные подтверждают гипотезу [1], согласно которой СБЛ представляет собой внутризонную люминесценцию на горячих носителях и позволяют детализировать ее механизм. Как известно [3, 4], верхняя валентная зона CsI расщеплена в результате спинорбитального взаимодействия на две неперекрывающиеся подзоны $I^{-2}p_{3/2}$ и $I^{-2}p_{1/2}$. Полная ширина валентной $I^{-5}p^6$ зоны составляет $E_g = 2.5$ эВ [3]. Совпадение коротковолнового края СБЛ при электронном возбуждении с увеличенной E_g прямо ука-

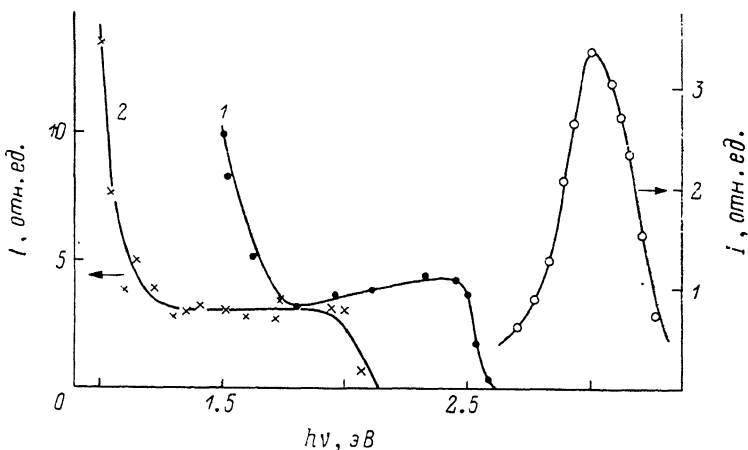


Рис. 2. Спектры люминесценции CsI при возбуждении импульсами электронов (1) и лазером KгF $^{+}$ (2).

Спектр люминесценции CsI—Na при возбуждении лазером ХеF, $T=300$ К (3).

Кривые 1, 2 нормированы при $h\nu=1.8$ эВ.

зывает на то, что коротковолновая граница СБЛ обусловлена излучательными переходами между плоской вершиной подзоны $^2p_{3/2}$ и дном подзоны $^2p_{1/2}$ с участием горячих дырок. Указанная корреляция связана с тем обстоятельством, что при возбуждении кристалла высокоэнергетическими электронами вероятность рождения дырки на некотором уровне валентной зоны пропорциональна плотности состояний на этом уровне. Это правило нарушается при лазерном возбуждении, поскольку суммарная начальная энергия электрона E_e и дырки E_h , возникающих в результате двухфотон-

ного поглощения, равна $2h\nu_b - E_g$. Величина $E_g = 6.2$ [3], и в случае возбуждения KгF лазером $E_e + E_k \approx 4.0$ эВ. Сдвиг спектра СБЛ в сторону длинных волн связан, по-видимому, с тем, что начальная энергия дырки в случае возбуждения фотонами $h\nu_b = 4.98$ эВ $E_k \leq 2.0$ эВ. При возбуждении $h\nu_b = 3.54$ эВ величина $E_e + E_k \approx 0.8$ эВ и СБЛ в спектральном интервале $h\nu > 1.0$ эВ не наблюдается. Зависимость спектра люминесценции от начальной энергии горячих носителей при двухфотонном возбуждении является нетривиальным фактом и наблюдалась нами впервые. Этот факт прямо свидетельствует о том, что СБЛ — это внутризонная люминесценция с участием горячих носителей, имеющих небольшую (~ 2.0 эВ) начальную энергию.

Если о природе коротковолнового края можно судить довольно однозначно — это излучательные переходы на горячих дырках между подзонами $I^{-2}p_{3/2}$ и $I^{-2}p_{1/2}$, то свечение в длинноволновой области может быть обусловлено переходами как в валентной зоне, так и в зоне проводимости. Наиболее вероятен вклад переходов внутри верхней $I^{-2}p_{1/2}$, расщепленной кристаллическим полем на две ветви и имеющей ширину 1.2 эВ [3]. Особенности зоны проводимости — наличие областей повышенной плотности состояний (по-видимому, плоские d -зоны цезия [3, 4]) — не проявляются в спектрах СБЛ.

Список литературы

- [1] Алукер Э. Д., Гаврилов В. В., Дейч Р. Г., Чернов С. А. // Письма в ЖЭТФ. 1988. Т. 47. С. 116—117.
 [2] Алукер Э. Д., Гаврилов В. В., Дейч Р. Г., Чернов С. А. Быстропротекающие радиационно-стимулированные процессы в щелочно-галогидных кристаллах. Рига: Зинатне, 1987. 183 с.
 [3] Di Stefano T. H., Spicer W. E. // Phys. Rev. B. 1973. V. 7. N 4. P. 1554—1564.
 [4] Onodera Y. // J. Phys. Soc. Jap. 1968. V. 25. N 2. P. 469—480.

Институт физики АН ЛатвССР
Саласпилс

Поступило в Редакцию
4 апреля 1989 г.

УДК 538.69

Физика твердого тела, том 31, в. 9, 1989
Solid State Physics, vol. 31, N 9, 1989

ОСОБЕННОСТИ РЕЗОНАНСНОГО ПРИМЕСНОГО РАССЕЯНИЯ В РАЗБАВЛЕННЫХ СПЛАВАХ ХРОМА С НЕСОИЗМЕРИМОЙ СТРУКТУРОЙ ВОЛНЫ СПИНОВОЙ ПЛОТНОСТИ

В. Ю. Галкин, Т. Е. Тугушева

1. Хром и его разбавленные сплавы являются классическим примером зонных антиферромагнетиков (АФ) с волной спиновой плотности (ВСП) ниже температуры Нееля T_N [1]. Согласно [2], внутри щели, возникающей в электронном спектре этих систем при $T \leq T_N$, возможно формирование локализованных примесных состояний. В частности, такие состояния были экспериментально обнаружены в АФ сплавах Cr—2.7 % Fe [3], обладающих соизмеримой (C) структурой ВСП. В то же время показано [4], что в сплавах Cr с несоизмеримой (I) фазой ВСП происходит дополнительное («топологическое») уширение локализованного состояния, механизм которого заключается в появлении разброса энергетических уровней дефектов E_{imp} из-за их неэквивалентного положения в решетке кристалла по отношению к узлам и пучностям модулированной спиновой плотности зонных электронов.