

- [1] Григорьева Л. К., Лидоренко Н. С., Нагаев Э. А., Чижик С. П. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 5. С. 1517—1519.
- [2] Iakubov I. T., Khrapak A. G., Podlubny L. I., Pogosov V. V. // Sol. St. Comm. 1985. V. 53. N 4. P. 427—429.
- [3] Iakubov I. T., Khrapak A. G., Pogosov V. V., Trigger S. A. // Sol. St. Comm. 1986. V. 60. N 3. P. 377—380; Phys. St. Sol. (b). 1988. V. 145. P. 455—466.
- [4] Погосов В. В. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 8. С. 2310—2313.
- [5] Погосов В. В., Храпак А. Г. // ТВТ. 1988. Т. 25. № 2. С. 209—217.
- [6] Sattler K., Muhlbach J., Echt O., Rehnagel E. // Phys. Rev. Lett. 1981. V. 47. N 3. P. 160—163.
- [7] Белл Дж. Ф. // Экспериментальные основы механики деформируемых твердых тел / Под ред. З. Флюгге. М.: Наука, 1984. Ч. I. § 44.
- [8] Лифшиц И. М. // ЖЭТФ. 1960. Т. 38. № 5. С. 1569—1583.
- [9] Зароченцев Е. В., Орел С. М., Теплов С. В. // ФТТ. 1980. Т. 22. № 1. С. 24—30.
- [10] Зароченцев Е. В., Орел С. Ф. // ФММ. 1984. Т. 58. № 1. С. 31—36.

Запорожский машиностроительный институт  
им. В. Я. Чубаря

Поступило в Редакцию  
19 декабря 1989 г.

© Физика твердого тела, том 32, № 8, 1990  
Solid State Physics, vol. 32, N 8, 1990

## АВТОЛОКАЛИЗОВАННЫЕ ЭКСИТОНЫ В КРИСТАЛЛЕ LiF

*Л. А. Лисицына, В. А. Кравченко, Е. П. Чинков,  
В. М. Рейтеров, И. В. Красноусов*

К настоящему времени спектрально-кинетические характеристики свободных и автолокализованных экситонов (АЭ) известны для большинства щелочно-галогидных кристаллов (ЩГК), лишь информация об АЭ в кристаллах LiF малочисленна и противоречива. Спектры короткоживущего поглощения облученных кристаллов LiF вообще не исследованы, а коротковременная люминесценция, приписываемая АЭ в работах [1<sup>-3</sup>], имеет различный спектральный состав.

С целью обнаружения АЭ в кристаллах LiF нами методом оптической спектроскопии с наносекундным временным разрешением изучены спектральные и кинетические характеристики свечения и оптического поглощения, возбуждаемые в LiF мощными электронными импульсами.

Исследования проводились в интервале температур 70—200 К в спектральном диапазоне 1—6 эВ на особо чистых образцах LiF, выращенных методом Стокбаргера, прозрачных в области 110—300 нм, с содержанием примеси кислорода, по данным протон-активационного анализа,  $< 1 \cdot 10^{-5}$  мол. %.

Облучение кристаллов производилось на импульсном ускорителе электронов с параметрами  $t_n = 10$  нс,  $E_{cp} = 2.5 \cdot 10^5$  эВ; плотность энергии радиации в импульсе  $0.3$  Дж·см<sup>-2</sup> по измерениям на калориметрическом приемнике лазерного излучения ИМО-2Н [4].

Установлено, что облучение кристалла при 80 К импульсом радиации (ИР) приводит к возникновению безынерционных по отношению к длительности импульса коротковременных люминесценции и поглощения. В кинетике затухания обнаруженной люминесценции наблюдаются два компонента: быстрый — с характеристическим временем релаксации  $\tau_1$ , сравнимым или меньшим длительности импульса радиации, и медленный — с  $\tau_2 = 1.8$  мкс.

Низкий энергетический выход исследуемого свечения, а также наличие быстрых компонентов свечения остаточных газов в измерительной ячейке не позволили нам измерить спектральный состав свечения, затухающего с  $\tau_1$ . Спектр медленного компонента свечения с  $\tau_2$ , измеренный через 200 нс после окончания ИР, представлен на рис. 1 (кривая 1) и

состоит из широкой ( $\Delta W=1$  эВ) полосы с максимумом на 4.4 эВ. Вид спектра практически не изменяется с ростом температуры в области 70—200 К.

Температурные зависимости времени затухания и величины высвечиваемой светосуммы, инициированной действием ИР, представлены на рис. 2 (кривые 1, 2) и по характеру совпадают с температурной зависимостью характеристического времени жизни  $V_K$ -центров в кристаллах LiF [5].

Обнаружена зависимость интенсивности люминесценции при 80 К от величины интегральной дозы. Так, в предварительно облученном кристалле ( $D=1.2 \cdot 10^5$  Гр) интенсивность люминесценции, иницииро-

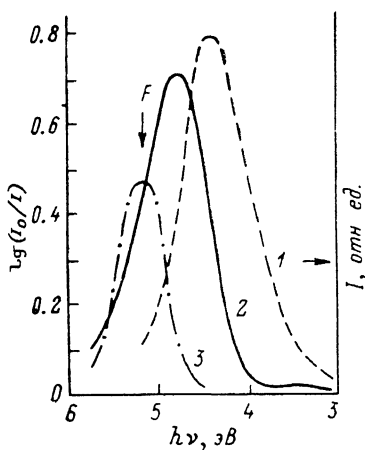


Рис. 1. Спектры микросекундного (1, 2) и наносекундного (3) компонент люминесценции (1) и поглощения (2, 3), инициированных в LiF импульсом радиации при 80 К.

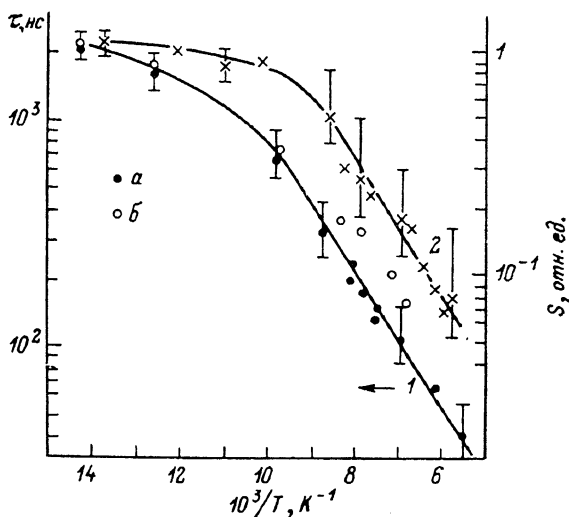


Рис. 2. Температурные зависимости: 1 — характеристических времен релаксации поглощения на 4.75 (а) и люминесценции на 4.4 эВ (б); 2 — величины светосуммы, высвечиваемой в полосе 4.4 эВ после воздействия однократного импульса радиации.

ванной импульсом радиации ( $D=5 \cdot 10^3$  Гр), на 50 % меньше, чем в необлученном кристалле.

При исследовании наводимого ИР оптического поглощения в кинетике релаксации поглощения обнаружены два компонента: быстрый с  $\tau_1 = 10$  нс и медленный с  $\tau_2 = 1.8$  мкс. Спектр быстрого компонента поглощения представляет собой  $F$ -полосу (рис. 1, кривая 3); спектр медленного компонента с  $\tau_2$  состоит из широкой полосы на 4.75 эВ ( $\Delta W=1$  эВ) и слабой полосы в области 3.6 эВ (рис. 1, кривая 2).

Температурная зависимость времени релаксации короткоживущего поглощения  $\tau_2$  представлена на рис. 2 (кривая 1).

Мы полагаем, что обнаруженные нами люминесценции на 4.4 эВ и поглощение на 4.75 и 3.6 эВ принадлежат АЭ в триплетном состоянии. Следующие аргументы являются основанием для такого заключения.

Под действием однократного ИР в спектре поглощения кристалла следует ожидать появления полос, обусловленных только элементарными центрами: АЭ и компонентами френкелевских пар. Положение обнаруженной нами короткоживущей полосы поглощения на 4.75 эВ хорошо согласуется с положением полосы, обусловленной электронным компонентом АЭ, определенным нами экстраполяцией в соответствии с соотношением Мольво—Айви для кристаллов LiF.

Как следует из рис. 2 (кривая 1), в пределах точности эксперимента в широком интервале температур 70—200 К наблюдается совпадение времен релаксации поглощения на 4.75 эВ и люминесценции на 4.4 эВ.

Энергия активации, определенная из температурной зависимости характеристического времени релаксации люминесценции и поглощения, равна 0.06 эВ и близка к энергии активации, определенной по температурной зависимости характеристических времен АЭ в других ШГК [6, 7].

Отметим, что в отличие от других ШГК в LiF свечение АЭ имеет очень низкий энергетический выход ( $\leq 10^{-5}$ ), что может быть связано с сильным перекрыванием полосы поглощения АЭ с полосой собственной люминесценции, а также с F-полосой и, как следствие, с благоприятными условиями для безызлучательной аннигиляции АЭ вследствие резонансной передачи энергии или реабсорбции излучения.

Авторы благодарны В. М. Лисицыну и В. Ю. Яковлеву за обсуждение полученных результатов.

#### Список литературы

- [1] Непомнящих А. И., Раджабов Е. А., Егранов А. В. Центры окраски и люминесценция кристаллов LiF. Новосибирск, 1984. 111 с.
- [2] Агранович А. В., Головин А. В., Рейтеров В. М., Родный П. А. // Исследования по химии, технологии и применению радиоактивных веществ. Л., 1987. С. 50—55.
- [3] Плеханов В. Г., Емельяненко А. В. // Тез. докл. VIII Всес. конф. по физике вакуумного ультрафиолета и его взаимодействию с веществом. Иркутск, 1989. С. 36—37.
- [4] Шпак В. Г. // ПТЭ. 1980. № 3. С. 165—167.
- [5] Алувер Э. Д., Лусис Д. Ю., Чернов С. А. Электронные возбуждения и радиолюминесценция щелочно-галлоидных кристаллов. Рига, 1979. 251 с.
- [6] Кравченко В. А., Лисицын В. М., Яковлев В. Ю. // ФТТ. 1986. Т. 28. № 11. С. 3473—3477.
- [7] Eshita T., Tanimura K., Itoh N., Nishimura H. // J. Phys. Soc. Jap. 1985. V. 54. N 11. P. 4418—4430.

Томский инженерно-строительный институт

Поступило в Редакцию  
28 декабря 1989 г.

УДК 541.67, 669.26

© Физика твердого тела, том 32, № 8, 1990  
Solid State Physics, vol. 32, N 8, 1990

## ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КЮРИ В ПРИКОНТАКТНОМ СЛОЕ СТРУКТУРЫ ФЕРРОМАГНИТНЫЙ ПОЛУПРОВОДНИК—МЕТАЛЛ

*Н. М. Чеботаев, Т. И. Арбузова, А. А. Самохвалов*

Магнитные полупроводники (МП) благодаря взаимодействию магнитной и электронной подсистем перспективны для многих практических применений. Однако относительно низкие температуры Кюри  $T_c$  являются их существенным недостатком, поэтому любое возможное повышение  $T_c$  представляет не только научный, но и практический интерес. Известно, что в МП повышение  $T_c$  можно достичь увеличением концентрации свободных носителей заряда  $n$  за счет легирования (например, в  $\text{Eu}_{1-x}\text{Gd}_x\text{O}$ ). В халькогенидных хромовых шпинелях, имеющих более высокие по сравнению с  $\text{EuO}$  значения  $T_c$ , предел растворимости контролируемых примесей не позволяет значительно увеличить  $n$ . При контакте полупроводника с металлом концентрация  $n$  в пограничном слое может сильно превышать равновесную внутри полупроводника [1]. Если полупроводник магнитный, то увеличение  $n$  может привести к усилению косвенного обмена между спинами ионов и повышению  $T_c$  в приконтактном слое. Концентрация свободных электронов в слое по мере удаления от поверхности изменяется, поэтому  $\Delta T_c \sim n^\alpha$  ( $\alpha$  — параметр) [2] также будет меняться. Экспериментально это должно проявиться в появлении хвостов на кривых температурной зависимости намагниченности  $M$ .