

(Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызская Республика)

ПРИМЕСНЫЕ ЦЕНТРЫ ОКРАСКИ В КРИСТАЛЛАХ KCl-Ge

Аннотация

Физические процессы в кристаллах в значительной степени зависят от особенностей электронных возбуждений, определяют характер процессов, происходящих в сцинтилляторах и люминофорах при их возбуждении. Электронные возбуждения ионных кристаллов хорошо изучены как по спектрам поглощения, так и спектрально-кинетическим методом. В этих системах важную роль играют экситоны малого радиуса и электронно-дырочные пары. В облученных кристаллах KCl-Ge при $T = 295$ К обнаружены полосы поглощения в спектральной области 5.05, 5.45 и 3.95 эВ. Показано, что эти полосы принадлежат $Ge^{2+}v_c^-$ -центрам. Установлено, что оптически полосы поглощения 3.95 и 5.05 эВ превращаются в F-центры и обратно.

Ключевые слова: ртутеподобные, S-оболочка, электрон-фонон, люминесценция, синглет, триплет, ОДМР, фотон, рекомбинация, вырожденные, анион, катион, закаленные, интенсивности.

Кілт сөздөр: Сынаптәрізділер, S-қабық, электрон-фонон, люминесценция, синглет, триплет, ОДМР, фотон, рекомбинация, азғындалған, анион, катион, қарқындылығы.

Keywords: S-shell electron-phonon luminescence, singlet, triplet, photon, recombination, degenerate, anionic, cationic, intensity.

Введение. Двухвалентные ртутеподобные ионы (A^{2+}) в щелочно-галогидных кристаллах (ЩГК) ассоциированы с компенсирующей их избыточный заряд катионной вакансией (v_c^-). Благодаря этому $A^{2+}v_c^-$ -центры эффективно захватывают как электроны, так и дырки [1], в результате чего создаются электронные (A^+) и дырочные (A^{3+}) центры разной структуры. Ионы (A^{2+}) при определенных условиях существенно увеличивают эффективность радиационного создания F- и α -центров в ЩГК [2,3], что говорит о возможности стабилизации примесью междоузельных атомов и ионов галоида (i_a^0, i_a^-).

Щелочно-галогидные кристаллы, активированные двухвалентными ионами германия, обладающими заполненной оптической S-оболочкой, представляют собой системы с сильным электрон-фононным взаимодействием. Обладая целым рядом очень интересных особенностей, $Ge^{2+}v_c^-$ -центры в ЩГК представляют большой интерес для спектроскопии примесных центров в кристаллах. В частности, наличие изотопов германия как с

полуцелым, так и с нулевым спином ядра позволяет использовать эти системы для изучения влияния сверхтонкого взаимодействия на характеристики люминесценции. В связи с малым ионным радиусом Ge^{2+} можно ожидать также появления различных эффектов, связанных с нецентральным положением Ge^{2+} в кристаллической решетке. Детальное исследование люминесценции этих центров было начато нами [4, 5], в широком интервале температур были изучены характеристики синглетного и триплетного излучения $\text{Ge}^{2+} v_c$ -центров в KCl-Ge и KBr-Ge .

Однако в отличие от других центров люминесценции такого типа, как Ga^+ , In^+ , Tl^+ , Sn^{2+} , Pb^{2+} , $\text{Ge}^{2+} v_c$ -центры в ЩГК почти не исследованы. При комнатной температуре наблюдались A_T -излучение $\text{Ge}^{2+} v_c$ -центров в KCl-Ge около 2.4 эВ [6], поляризационный спектр которого был измерен позже [7]. Спектры люминесценции и оптически детектируемого магнитного резонанса (ОДМР) $\text{Ge}^{2+} v_c$ -центров в KCl были изучены при 1.9 К [8, 9]. При возбуждении в A -полосе поглощения наблюдались четыре разных спектра ОДМР и четыре полосы излучения в области 2.5–2.3 эВ, связываемые с $\text{Ge}^{2+} v_c$ -центрами разной структуры. Кроме известной A_T -полосы излучения, обнаружена полоса 1.84 эВ, интерпретированная как A_x излучения [10].

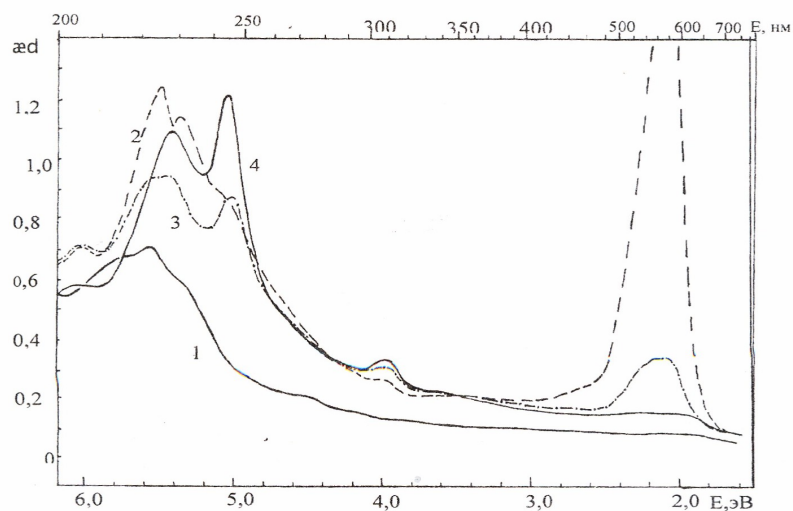
В настоящей работе предприняты поиски люминесцирующих ассоциатов в облученных рентгеновскими лучами кристаллах KCl-Ge . Знания структуры и свойств этих центров необходимо для детального изучения процессов создания, миграции и взаимодействия с ионами примеси различных анионных и катионных френкелевских дефектов.

Кристаллы KCl-Ge , содержащие $\sim 10^{17} \text{ см}^{-3} \text{ Ge}^{2+}$, были аналогично использованы в [8, 9]. Перед каждым экспериментом образцы закаливались путем быстрого охлаждения до комнатной температуры после прогрева их на воздухе до 700 °С.

Экспериментальная установка и методика измерения оптических характеристик спектральных и термических характеристик излучения были аналогичны описанному в [10, 11]. Возбуждающий свет выделялся монохроматором МСД-1. Для учета фона непосредственно перед криостатом устанавливался оптический фильтр, не пропускающий возбуждающего света, но прозрачный в той же спектральной области, что и фильтры, выделяющие исследуемое излучение. Образцы облучались при 295 и 80 К рентгеновскими лучами (трубка БСВ ЛТ-Сш, 50 кВ, 18–20 мА) в течение 0,5–2 часа. Характеристики термостимулированной люминесценции исследовались при нагревании кристаллов со скоростью 0,2 град. сек⁻¹.

Спектральные характеристики. В спектре поглощения кристалла KCl-Ge при температуре 295 К наблюдается заметная S -полоса, расщепленная на три компонента (S_3 , S_2 , S_1) более слабая B -полоса и еле заметная A -полоса (рисунок 1). В свежее закаленных кристаллах KCl-Ge после рентгеновского облучения при 295 К происходят значительные изменения в спектрах оптического поглощения, появляются новые полосы в области 5.50, 5.35, 5.05, 3.95 эВ.

Рисунок 1 – Спектры поглощения KCl-Ge, измеренные при 295К:



до облучения (1),

после облучения при 295К
(2),

после оптического
разрушения белым светом
1 минуту (3) и

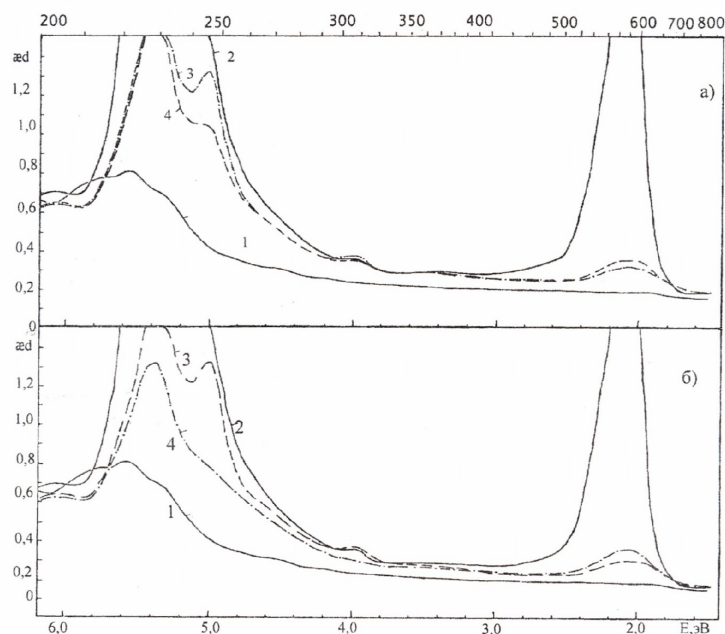
2,5 минуты (4)

Интенсивности всех полос увеличиваются одинаково с дозой облучения и уменьшаются одинаково при оптическом высвечивании кристалла KCl-Ge белым светом при комнатной температуре. Соотношение их интенсивностей при этом остается постоянным, но происходят значительные изменения в спектрах оптического поглощения, наблюдаются полоса при 5.42 эВ и рост полос 5.05 и 3.95 эВ (см. рисунок 1).

Оптическое разрушение F-центров приводит к одинаковому росту полосы поглощения ~3,95 и ~5.05 эВ (рисунок 2). При оптическом высвечивании фотонами с энергией ~3.95, 5.05 эВ наблюдается рост полосы при 5.42 эВ. Термическое разрушение спектры полосы поглощения происходит при температуры около 400 К.

Рисунок 2 – Спектры поглощения KCl-Ge, измеренные при 295К:

до облучения (1), после облучения при 295К (2), после оптического разрушения F (3) и 5.05 эВ (4) (а), после оптического разрушения F (3) и 3.95 эВ (4) (б)



Полосы поглощения в области ~ 5.35 и ~ 5.50 эВ при оптическом разрушении электронных и дырочных центров ведут себя иначе, чем полосы ~ 3.95 и ~ 5.05 эВ.

Опыты по оптическому разрушению фотонами с различной энергией показали, что полоса элементарна, следовательно, различие полуширины полос поглощения обусловлено, возможно, вакансией. Наблюдали оптическое превращение ~ 3.95 и ~ 5.05 эВ-полосы поглощения в F-центры и обратно. (см. рисунок 2).

Из сопоставления экспериментальных результатов с теорией [12] можно заключить, что тетрагональные невырожденные (Z) минимумы синглетного и триплетного состояний расположены энергетически ниже, чем дважды вырожденные (X, Y) минимумы.

Для полной интерпретации полученных экспериментальных фактов и выяснения механизмов рекомбинации электронных и дырочных центров в этих кристаллах требуется дальнейшие исследования.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Вале Г.К., Золотарев Г.К., Кукетаев К.Е., Лущик Н.Е., Лущик Ч.Б. // Известия АН СССР. Сер. физ. – 1966. – 30. – С. 695.
- 2 Sonder E., Silbey W.A. // Phys. Rev. – 1965. – 140, A 539.
- 3 Pascual J.L., Agullo-Lopez F. // Cryst. Latt. Def. – 1977. – 7, 161.
- 4 Зазубович С., Нагирный В., Совик Т., Усаров А.С. // Изв. АН Эстонии. Физ.-мат. – 1990. – 39, № 1. – 56-68.
- 5 Зазубович С., Нагирный В., Усаров А.С., Яансон Н. // Изв. АН Эстонии. Физ.-мат. – 1990. – 39, № 2. – 118-126.
- 6 Лущик Н.Е. // Тр. ИФА АН ЭССР. – 1958. – 119-139.
- 7 Зазубович С., Лущик Н.Е., Лущик Ч.Б. // Оптика и спектроскопии. – 1963. – 15, вып. 3. – 381-388; Изв. АН СССР. Сер.-физ. – 1963. – 27, № 5. – 656-666.
- 8 Баранов П.Г., Ветров В.А., Романов Н.Г., Топа В. // ФТТ. – 1985. – 27, № 9. – 2749-2751; № 7. – 1984-1988.
- 9 Baranov P.G., Vetrov V.A., Romanov N.G., Topa B. // Phys. Status solidi (b). – 1986. – 136, № 2. – 699-707.
- 10 Kang J.G., Ju S.K., Gill Y.H., Shin J.K., Chang K.J. // Phys. Sol. – 1988. – 49, № 7. – 813-818.
- 11 Nagirniy B., Sovik T., Zazubovich S., Janson N. // Phys. Status solidi. – 1983. – 120, № 1. – 117-122.
- 12 Hizhnyakov V., Zazubovich S. // Phys. Status solidi. – 1978. – Т. 86, № с/2. – С. 733-739.

REFERENCES

- 1 Vale G.K., Zolotarev G.K., Kuketaev K.E., Lushhik N.E., Lushhik Ch.B. // Izvestija AN SSSR. – Ser. fiz. – 1966. – 30. – S. 695.
- 2 Sonder E., Silbey W.A. // Phys. Rev. 1965. – 140, A 539.
- 3 Pascual J.L., Agullo-Lopez F. // Cryst. Latt. Def. – 1977. – 7, 161.
- 4 Zazubovich S., Nagirnyj V., Sovik T., Usarov A.S. // Izv. AN Jestonii. Fiz.-mat. 1990. – 39, № 1. – 56-68.
- 5 Zazubovich S., Nagirnyj V., Usarov A.S., Jaanson N. // Izv. AN Jestonii. Fiz.-mat. 1990. – 39, № 2. – 118-126.
- 6 Lushhik N.E. // Tr. IFA AN JeSSR. – 1958. – 119-139.

7 Zazubovich S., Lushhik N.E., Lushhik Ch.B. // Optika i spektroskopii. – 1963. – 15, vyp. 3. – 381-388; Izv. AN SSSR. Ser-fiz. – 1963. – 27, № 5. – 656-666.

8 Baranov P.G., Vetrov V.A., Romanov N.G., Topa V. // FTT. – 1985. – 27, № 9. – 2749-2751; № 7. – 1984-1988.

9 Baranov P.G., Vetrov V.A., Romanov N.G., Topa B. // Phys. Status solidi (b). – 1986. – 136, № 2. – 699-707.

10 Kang J.G., Ju S.K., Gill Y.H., Shin J.K., Chang K.J. // Phys. Sol. – 1988. – 49, № 7. – 813-818.

11 Nagirniy B., Sovik T., Zazubovich S., Janson N. // Phys. Status solidi. – 1983. – 120, № 1. – 117-122.

12 Hizhnyakov V., Zazubovich S. // Phys. Status solidi. – 1978. – T. 86, № c/2.. – S. 733-739.

Резюме

A. C. Usarov

(Ош мемлекеттік университеті, Ош қ.)

KCl-Ge КРИСТАЛДАРЫНДАҒЫ ҚОСПА ОРТАЛЫҚТАРЫНЫҢ ТҮСТЕРІ

T = 295K температурада KCl-Ge кристалдарын сәулелендіргенде 5.05, 5.45 и 3.95 эВ спектрлік аймақта-рында жұтылу жолақтары байқалды. Бұл жолақтардың $Ge^{2+}v_c$ -центрге тиісті екені көрсетілді. 3.95 и 5.05 эВ оптикалық жұтылу жолақтарының F-центрге және керісінше айналатыны тағайындалды.

Кілт сөздер: Сынаптәрізділер, S-қабат, электрон-фонон, люминесценция, синглет, триплет, ОДМР, фотон, рекомбинация, азғындалған, анион, катион, интенсивтілігі.

Summary

A. S. Usarov

(Osh State University, Osh)

IMPURITY COLOR CENTERS IN CRYSTALS KCl-Ge

The absorption bands were defined in the spectral region 5.05, 5.45 and 3.95 eV in KCl-Ge irradiated crystals when T = 295 K. It is achieved that these bands to $Ge^{2+}v_c$ -centers. It is ascertain that optical absorption bands 3.95 and 5.05 eV transform to F-centers and backwards.

Keywords: S-shell electron-phonon luminescence, singlet, triplet, photon, recombination, degenerate, anionic, cationic, intensity.

Поступила 27.03.2013г.