

Усаров А.С., Масалиев К.Т.

**СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ X-ОБЛУЧЕННЫХ КРИСТАЛЛОВ KCl-Ge**

*A.S. Usarov, K.T. Masaliev*

**ABSORPTION SPECTRUM OF X-IRRADIATED KCl-Ge CRYSTALS**

УДК: 535-37

*В облученных кристаллах KCl-Ge при T=295K обнаружены полосы поглощения в спектральной области 5.05 эВ, 5.45 эВ и 3.95 эВ. Показано, что эти полосы принадлежат Ge<sup>2+</sup> v<sub>c</sub><sup>-</sup> – центрам. Установлено, что оптически полосы поглощения 3.95 эВ и 5.05 эВ превращаются в F-центры и обратно.*

*The absorption bands were defined in the spectral region 5.05 eV, 5.45 eV and 3.95 eV in KCl-Ge irradiated crystals when T=295K. It is achieved that these bands to Ge<sup>2+</sup> v<sub>c</sub><sup>-</sup> – centers. It is ascertain that optical absorption bands 3.95 eV and 5.05 eV transform to F-centers and backwards.*

**Введение**

Двухвалентные ртутеподобные ионы (A<sup>2+</sup>) в щелочно-галлоидных кристаллах (ЩГК) ассоциированы с компенсирующей их избыточный заряд катионной вакансией (v<sub>c</sub><sup>-</sup>). Благодаря этому A<sup>2+</sup>v<sub>c</sub><sup>-</sup> – центры эффективно захватывают как электроны, так и дырки [1], в результате чего создаются электронные (A\*) и дырочные (A<sup>3+</sup>) центры разной структуры. Ионы (A<sup>2+</sup>) 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<sup>0a</sup> \ i<sup>1a</sup>).

Щелочно-галлоидные 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<sup>2+</sup> v<sub>c</sub><sup>-</sup> – 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<sup>2+</sup>, можно ожидать также появления различных эффектов, связанных с нецентральным положением Ge<sup>2+</sup> в кристаллической решетке. Детальное исследование люминесценции этих центров было начато нами [4,5], в широком интервале температур были изучены характеристики синглетного

и триплетного излучения Ge<sup>2+</sup> v<sub>c</sub><sup>-</sup> – центров в KCl-Ge и KBr-Ge.

Однако, в отличие от других центров люминесценции такого типа как Ga<sup>+</sup>, In<sup>+</sup>, Tl<sup>+</sup>, Sn<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Ge<sup>2+</sup> v<sub>c</sub><sup>-</sup> – центры в ЩГК почти не исследованы. При комнатной температуре наблюдались Au-излучение Ge<sup>2+</sup> v<sub>c</sub><sup>-</sup> – центров в KCl-Ge около 2.4 эВ [6], поляризационный спектр которого был измерен позже [7]. Спектры люминесценции и оптически детектируемого магнитного резонанса (ОДМР) Ge<sup>2+</sup> v<sub>c</sub><sup>-</sup> – 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 Ge<sup>2+</sup> v<sub>c</sub><sup>-</sup> – центрами разной структуры. Кроме известной A<sub>T</sub> – полосы излучения обнаружена полоса 1.84 эВ, интерпретированная как A<sub>x</sub> 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 ~10<sup>17</sup> см<sup>-3</sup> Ge<sup>2+</sup>, были аналогичны 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 описанным 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 295К и 80К рентгеновскими лучами (трубка БСВ ЛТ-Св, 50 кВ, 18-20 мА) в течение 0,5 - 2 часа. Характеристики термостимулированной люминесценции

исследовались при нагревании кристаллов со скоростью 0,2 град, сек<sup>-1</sup>.

## 2. Спектральные характеристики.

В спектре поглощения кристалла KCl-Ge при температуре 295 К наблюдается заметная С-полоса, расщепленная на три компонента (С<sub>3</sub>> С<sub>2</sub>, С<sub>0</sub> более слабая В-полоса и еле заметная А-полоса (рис.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 эВ, 5.35 эВ, 5.05 эВ, 3.95 эВ.

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 полосы при 5.42 эВ и рост полос 5.05 эВ и 3.95 эВ (см.рис.1)

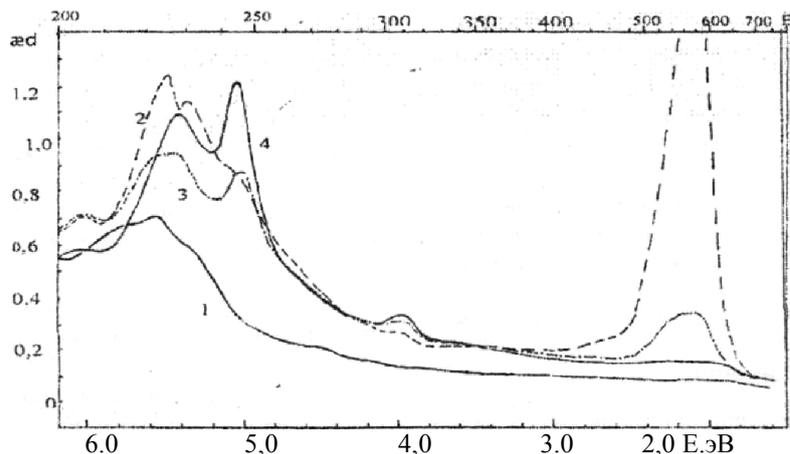


Рис. 1. Спектры поглощения KCl-Ge, измеренные при 295К: до облучения (1), после облучения при 295К (2), после оптического разрушения белым светом 1 минуту (3) и 2,5 минуты (4).

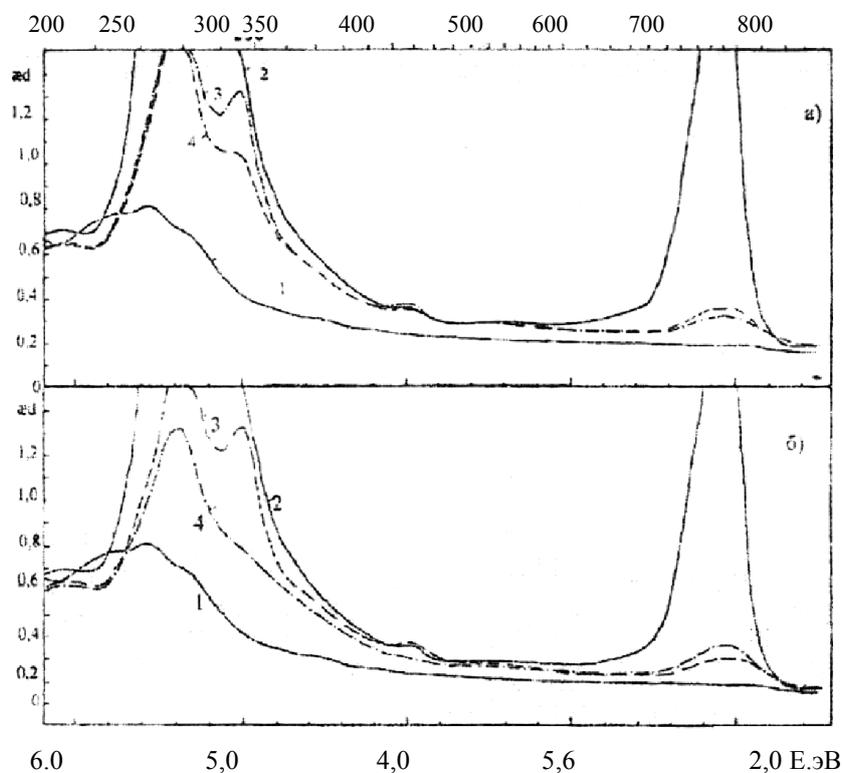


Рис. 2. Спектры поглощения KCl-Ge измеренные при 295 К: до облучения (1), после облучения при 295 К (2), после оптического разрушения F (3) и 5.05 эВ (4) (а), после оптического разрушения F (3) и 3.95 эВ (4) (б).

Оптическое разрушение F - центров приводит к одинаковому росту полосы поглощения  $\sim 3,95$  эВ и  $\sim 5,05$  эВ (рис.2.). При оптическом высвечивании фотонами с энергией  $\sim 3,95$  эВ,  $5,05$  эВ наблюдается рост полосы при  $5,42$  эВ. Термическое разрушение спектры полосы поглощения происходит при температуры около  $400$  К.

Полосы поглощения в области  $\sim 5,35$  эВ и  $5,50$  эВ при оптическом разрушении электронных и дырочных центров, ведут себя иначе, чем полосы  $-3,95$  эВ 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  $\sim 3,95$  эВ и  $-5,05$  эВ-полосы поглощения в F-центры и обратно, (см.рис.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 полного интерпретации полученных экспериментальных фактов и выяснения механизмов рекомбинации электронных и дырочных

центров в этих кристаллах требуется дальнейших исследований.

#### Литература:

1. Вале Т.К., Золотарев Г.К., Кукетаев К.Е., Лущик Н.Е., Лущик Ч.Б. Известия АН СССР, сер.физ.,30, 1966.-С.695.
2. Sonder E.,Silbey W.A.,Phys. Rev., 140, A 539,1965.
3. Pascual J.L., Agullo-Lopez F., Cryst. Latt. Def., 7,161,1977.
4. Зазубович С., Нагирный В., Совик Т., Усаров А.С. Изв. АН Эстонии, физ.мат. №1, 39, 56-68, 1990.
5. Зазубович С., Нагирный В., Усаров А.С., Яансон Н., Изв. АН Эстонии, физ.мат.№2, 39,118-126,1990.
6. Лущик Н.Е. Тр.ИФА АН ЭССР, 119-139, 1958.
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. Statusolidi, t. 1978.86. № с/2,- С.733-739.

Рецензент: д.ф.-м.н., профессор Тайиров М.М.