

К Р А Т К И Е С О О Б Щ Е Н И Я

УДК 535.343.2

© 1993

Т Е Р М О И Н Д У Ц И Р О В А Н Н Ы Е Д Ы Р О Ч Н Ы Е П Р О Ц Е С С Ы
В К Р И С Т А Л Л А Х $\text{SrCl}_2\text{-Me}^+$ *Н.В.Говор, А.С.Крочук, З.П.Чорний*

Кристаллы хлористого стронция являются устойчивыми к действию ионизационных излучений, а фотохимическая окраска наблюдается при легировании их щелочными катионами Me^+ [1]. При этом компенсация избыточного заряда примесных катионов, входящих в кристаллическую решетку в виде ионов замещения, осуществляется анионными вакансиями V_{Cl^-} с образованием примесно-вакансионных диполей $\text{Me}^+\text{V}_{\text{Cl}^-}$ [2]. Рентгеновское облучение кристаллов $\text{SrCl}_2\text{-Me}^+$ в области температур $T < 40$ К эффективно генерирует электронные F_A -центры на основе диполей $\text{Me}^+\text{V}_{\text{Cl}^-}$ и автолокализованные дырки (V_k -центры). При $T > 40$ К возникают также агрегатные F_{2A}^+ -центры и примесно-чувствительные центры ($\text{Me}^{2+}\text{-Cl}_2^-$, $\text{Me}^+\text{V}_{\text{Cl}^-}\text{-Cl}_2^-$ и $\text{Me}^+\text{-Cl}_2^-$) [3].

К настоящему времени дискуссионным остается вопрос о природе и облатках термической стабильности дырочных центров. В данной работе представлены результаты исследований миграционных процессов дырок под действием различных стимулирующих факторов. Монокристаллы $\text{SrCl}_2\text{-Me}^+$ оптимизированы по содержанию щелочных примесей $\text{Me}^+(\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Rb}^+, \text{Cs}^+)$ в пределах $1.5 \cdot 10^{-18} - 3.5 \cdot 10^{-19} \text{ см}^{-3}$. Спектральные и термоэлектрические измерения проводили с помощью комплексной установки на базе спектрального комплекса КСВУ-6. Источником рентгеновских лучей служила установка УРС-55А. Криостатирование и терморегулирование осуществляли с помощью криостатной системы «УТРЕКС» К24М.

Возбужденные при $T = 4.2$ К кристаллы $\text{SrCl}_2\text{-Me}^+$ обладают интенсивной термостимулированной люминесценцией (ТСЛ) и проводимостью (ТСП) (рис. 1). Коррелирующие между собой кривые ТСЛ и ТСП состоят из совокупности максимумов: первый — при $T_m = 42$ К, два максимума в области $T = 50 \div 125$ К и два последующих, расположенных при 130–150 и 185–240 К. Спектр ТСЛ имеет вид одной полосы с максимумом при 2.53 эВ. Положение и значение энергии активации максимума ТСЛ и ТСП при $T_m = 42$ К (0.10 эВ) и двух максимумов в области температур 50–125 К (0.16 и 0.24 эВ) не зависят от рода щелочной примеси.

T_m, K $E_a, \text{эВ}$	$\text{SrCl}_2\text{-Na}^+$		$\text{SrCl}_2\text{-K}^+$		$\text{SrCl}_2\text{-Rb}^+$		$\text{SrCl}_2\text{-Cs}^+$	
	147 0.32	235 0.52	134 0.27	190 0.48	135 0.28	185 0.43	140 0.30	198 0.49

Энергетические параметры двух максимумов при $T > 130 \text{ K}$ однозначно определяются родом примеси Me^+ (см. таблицу).

Анализ природы максимумов ТСЛ и ТСП показывает, что они обусловлены термоиндуцированным распадом соответствующих дырочных центров окраски. Максимум при 42 К связан с распадом автолокализованных дырок и появлением 0-градусной их подвижности. Максимумы в области температур 50–125 К вызваны освобождением Cl_2^- -квасимолекул с уровней захвата на основе неконтролируемых двухвалентных примесей ($\text{Me}^{2+}\text{-Cl}_2^-$ -центров). Максимумы в областях температур 130–150 и 185–240 К обусловлены диссоциацией соответственно $\text{Me}^+\text{V}_{\text{Cl}}\text{-Cl}_2^-$ - и $\text{Me}^+\text{-Cl}_2^-$ -центров. Эти выводы подтверждаются результатами по исследованию кристаллов, дополнительно легированных европием.

Роль европия, как известно, состоит в том, что в кристаллах возникают Eu^{2+} , которые являются высокоэффективными ловушками для дырок. При этом кристаллы $\text{SrCl}_2\text{-Me}^+\text{-Eu}^{2+}$ имеют только один максимум ТСЛ и ТСП при $T_m = 42 \text{ K}$, а остальные отсутствуют. Это означает, что легирование кристаллов европием заглушает процессы дырочной подвижности в области температур $T > 50 \text{ K}$.

Дырочная природа максимумов ТСЛ и ТСП вытекает также из данных по исследованию F_A -стимулированной люминесценции ($F_A\text{-ФСЛ}$). Подсветка кристаллов $\text{SrCl}_2\text{-Me}^+$ при $T < 35 \text{ K}$ в полосах поглощения F_A -центров (2.14 и 1.85 эВ, $\text{SrCl}_2\text{-Na}^+$) связана с возникновением двухпо-

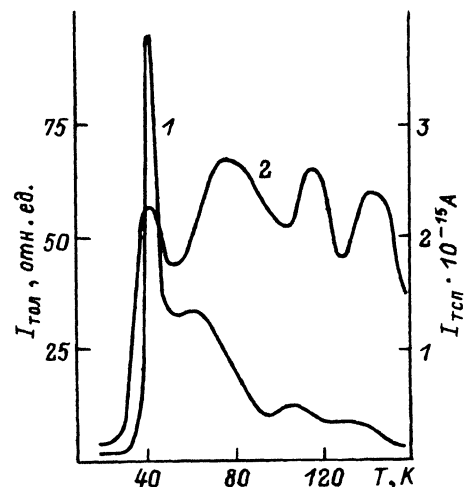


Рис. 1. Кривые ТСЛ (1) и ТСП (2) кристаллов $\text{SrCl}_2\text{-K}^+$, облученных при $T = 4.2 \text{ K}$.

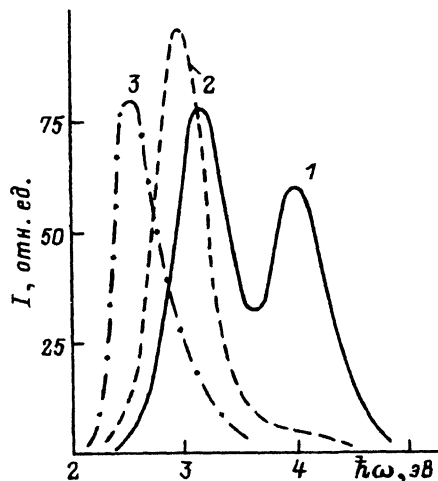
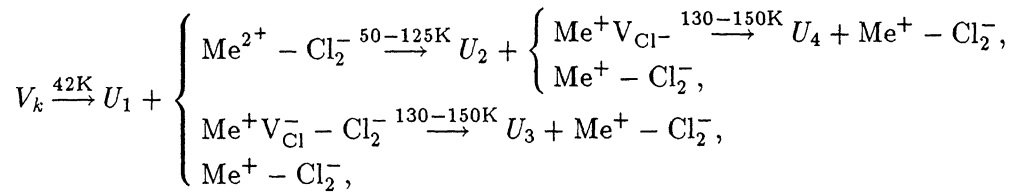


Рис. 2. Спектры $F_A\text{-ФСЛ}$ кристаллов $\text{SrCl}_2\text{-Na}^+$ при $T = 10$ (1), 60 (2), 115 К (3).

лосной люминесценции с максимумами при 3.18 и 4.00 эВ (рис. 2). Это излучение доминирует также и в рентгенолюминесценции и объясняется излучательной аннигиляцией автолокализованных экситонов, возникающих при захвате V_k -центрами зонных электронов. Импульсный прогрев облученных кристаллов $\text{SrCl}_2\text{-Me}^+$ до $T = 60$ К (выше максимума ТСЛ И ТСП при $T_m = 42$ К) приводит к появлению в спектре F_A -ФСЛ одной полосы с максимумом при 2.99 эВ. Отжиг кристаллов до температуры 110 К сопровождается смещением максимума F_A -ФСЛ до 2.53 эВ. При $T > 140$ К вследствие возникновения диффузии F-центров F_A -центры распадаются и F_A -ФСЛ отсутствует.

С учетом этих результатов можно представить схему взаимного превращения дырочных центров в процессе отжига облученных при $T = 4.2$ К кристаллов $\text{SrCl}_2\text{-Me}^+$



где U_1 -энергия излучения кристаллов при распаде V_k -центров (максимум ТСЛ при 4.2 К); U_2 — излучательная энергия термораспада $\text{Me}^{2+} - \text{Cl}_2^-$ -центров (максимумы ТСЛ в области температур 50–150 К); U_3 и U_4 -энергии, излучаемые кристаллами при термодиссоциации $\text{Me}^+ - \text{Cl}_2^-$ -центров (максимум ТСЛ в области температур 130–150 К).

Указанная схема отражает термоиндуцированные превращения дырочных центров в области температур 40–150 К. При $T > 150$ К в кристаллах $\text{SrCl}_2\text{-Me}^+$ существуют только $\text{Me}^+ - \text{Cl}_2^-$ -центры, термодиссоциация которых связана с максимумом ТСЛ в области температур 185–240 К.

Список литературы

- [1] Hayes W., Lambourn R.F., Rangarajan G., Ritchie I. J. Phys. C: // Solid State Phys., 1973., V. 6. N 1. P. 27–35.
- [2] Чорний З.П., Панасюк М.Р., Крочук А.С., Шур Г.А., Максимович Х.К. // Изв. вузов. Физика. 1984. № 9. С. 106–108.
- [3] Крочук А.С., Чорний З.П., Говор Н.В. // УФЖ. 1992. Т. 37. № 8. С. 1252–1259.

Львовский государственный университет
им. Ив. Франко

Поступило в Редакцию
28 апреля 1993 г.