ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЯ КРИСТАЛА $BaCd_2Cl_6$:Sn

О. М. Бердичевський, М. С. Підзирайло, В. В. Купчинський
Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Кирила і Мефодія, 8, Львів, 79005, Україна

(Отримано 17 вересня 2001 р.)

Подано результати досліджень спектрів фотолюмінесценції та збудження фотолюмінесценції кристала $BaCd_2Cl_6$:Sn в ділянці температур 77–300 K. У спектрі фотолюмінесценції спостерігається декілька смуг при 2.68, 2.50, 2.31 і 2.11 еВ, які відповідають переходам з ян–теллерівських мінімумів адіябатичних потенціялів релаксованого збудженого стану ${}^3T_{1u}$ в основний стан ${}^1A_{1g}$ йона Sn^{2+}. Проведено ідентифікацію смуг збудження фотолюмінесценції з A-, B- і C-смугами поглинання йона Sn^{2+} на підставі закономірностей їх розміщення в кристалах BX_2:Sn і ABX_3:Sn. Визначено величину абсолютного квантового виходу фотолюмінесценції η_k і досліджено його температурну залежність. За формулою Мотта вирахувано енерґію активації безвипромінювальних переходів ($\varepsilon = 36$ меВ) і постійну гасіння ($C = 0.61 \cdot 10^2$) для кристала $BaCd_2Cl_6$:Sn.

Ключові слова: ефект Яна–Теллера, спектри фотолюмінесценції, спектри збудження фотолюмінесценції.

PACS number(s): 78.55.Fv, 61.72.–y, 81.10.Fq

I. ВСТУП

Кристал $BaCd_2Cl_6$ має кубічну симетрію з просторовою групою $Fd\bar{3}m$. Його структура складається з октаедрів $CdCl_6$, які утворюють класичний каркас Cd_2X_6. Постійна ґратки, за даними [1], становить a =13.797 Å, а за даними [2] — a =13.9 Å.

У попередній праці ми дослідили спектри відбивання та фотолюмінесценції чистих кристалів $BaCd_2Cl_6$ [3] в широкому спектральному (4–22 еВ) і температурному (9–300 K) інтервалах. За даними спектрів відбивання було визначено ширину забороненої зони кристала ($E_g = 7.023$ еВ) та енерґію зв'язку екситона ($F = 0.721$ еВ). У спектрах фотолюмінесценції було виявлено декілька смуг, одна з яких ідентифікована як випромінювання домішок Mn^{2+}.

У цій статті подано результати дослідження спектрів фотолюмінесценції, спектрів збудження фотолюмінесценції та температурної залежности абсолютного квантового виходу фотолюмінесценції активованих йонами Sn^{2+} кристалів $BaCd_2Cl_6$:Sn.

II. МЕТОДИКА РОСТУ КРИСТАЛІВ ТА ОПТИКО-СПЕКТРАЛЬНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Монокристали $BaCd_2Cl_6$:Sn вирощували методом Стокбарґера з розплаву у кварцових ампулах із очищеної методом зонної плавки соли $BaCl_2$ (8 зон) та методом 4-кратної сублімації соли $CdCl_2$. Вихідна сировина $BaCl_2$ і $CdCl_2$ була марки "ХЧ". Швидкість росту кристала становила 4.5 мм/год. Концентрація активатора в кристалі $BaCd_2Cl_6$:Sn була $c_1 \approx 2.0 \cdot 10^{-4}$ і $c_2 \approx 4.0 \cdot 10^{-3}$ моль%. Зразки для досліджень виколювали по найчіткіших площинах спайности при $T \geq 390$ K.

Оптико-спектральні вимірювання проводили на спектрофотометрі, змонтованому на базі подвійного монохроматора МДР-6 та дзеркального монохроматора ЗМР-3. Низькотемпературні вимірювання проводили за допомогою азотного кріостата з реґульованою температурою. Спектри фотолюмінесценції і спектри збудження фотолюмінесценції були виправлені на спектральну чутливість спектрофотометра. Спектральні вимірювання здійснювали з точністю ± 0.002 еВ. Величину абсолютного квантового виходу фотолюмінесценції визначали за допомогою фотометричної кулі з точністю $\pm 9\%$ [4].

III. РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

A. Спектри фотолюмінесценції кристала $BaCd_2Cl_6$:Sn

Спектр фотолюмінесценції кристала $BaCd_2Cl_6$:Sn (концентрація c_1) при 77 K і збудженні лінією ртутного розряду 4.43 еВ, що припадає на ділянку активаторного поглинання, складний і простягається від 2.0 до 3.0 еВ (рис. 1,а). Ми розклали його на п'ять ґауссівських компонент (таблиця 1). Найменшою інтенсивністю характеризується смуга 2.84 еВ, найбільшою — смуга 2.50 еВ.

При збудженні іншими лініями ртутного спектра в ділянці активаторного поглинання міняється лише розподіл інтенсивности між смугами (77 K), а їх положення залишається незмінним (рис. 1,б).

Природа смуги		A_T(Ba)	A_T(Cd)	A_X(Ba)	A_X(Cd)
Положення, еВ	2.84	2.68	2.50	2.31	2.11
Півширина ΔH, еВ	0.212	0.212	0.212	0.170	0.220

Таблиця 1. Положення та півширини смуг фотолюмінесценції кристала $BaCd_2Cl_6$:Sn при 77 K.

У більшості йонних кристалів типу BCl_2:Sn (B = Mg, Ca, Sr, Ba) та $ACaCl_3$:Sn (A = K, Rb, Cs) [5–8], як правило, спостерігається декілька смуг фотолюмінесценції Sn^{2+}-центрів, які виникають у тій же спектральній ділянці (таблиця 2), що й у кристалах $BaCd_2Cl_6$:Sn. Вони відповідають переходам із тригональних і тетрагональних мінімумів адіябатичного потенціялу релаксованого збудженого стану в основний стан, тому в спектрах проявляються дві смуги фотолюмінесценції, як і передбачено ефектом Яна–Теллера [9]. Однак у деяких кристалах спостерігається лише по одній смузі фотолюмінесценції (в $CsCaCl_3$:Sn — A_X, в $CaCl_2$:Sn — A_T [5,6,10]).

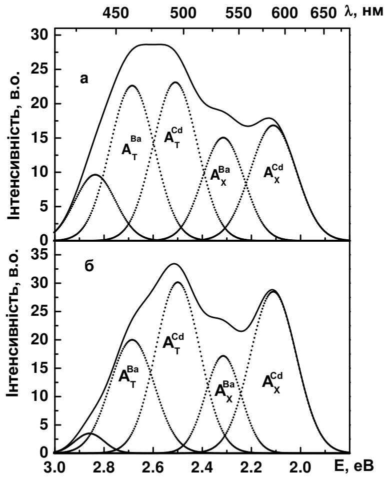

Рис. 1. Спектри фотолюмінесценції $BaCd_2Cl_6$:Sn при збудженні в ділянці активаторного поглинання Sn^{2+}-центрів 4,69 еВ (а) і 4.11 еВ (б) при 77 K. Пунктирними кривими показано розклад на ґауссівські компоненти.

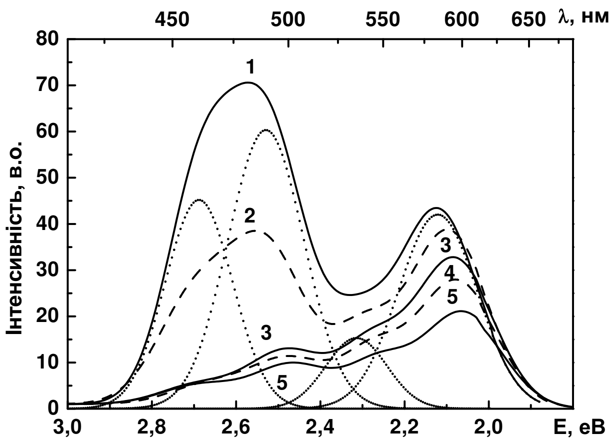

Рис. 2. Температурна залежність спектра фотолюмінесценції при збудженні в ділянці смуг активаторного поглинання (4.11 еВ). Крива 1 — 77 K, 2 — 97 K, 3 — 119 K, 4 — 194 K, 5 — 230 K. Точками показано розклад кривої 1 на окремі ґауссівські компоненти.

Кристал	E_1, еВ	Смуга	E_2, еВ	Смуга	E_3, еВ	T, K	Джерело
$MgCl_2$:Sn	2.78	A_T				4.2	[10]
$CaCl_2$:Sn	2.97	A_T				4.2	[10]
$SrCl_2$:Sn	3.03	A_T	2.21	A_X		4.2	[5]
$SrCl_2$:Sn	3.06		2.19		2.1	?	[8]
$BaCl_2$:Sn	2.87		2.21		1.98	78	[7]
$KCaCl_3$:Sn	3.00	A_T	2.58	A_X		4.2	[6]
$RbCaCl_3$:Sn	3.06	A_T	2.44	A_X		4.2	[6]
$CsCaCl_3$:Sn			2.38	A_X		4.2	[6]

Таблиця 2. Положення смуг фотолюмінесценції Sn^{2+}-центрів у галоїдах лужно-земельних і перовськитоподібних кристалів.

Проведені вимірювання спектрів фотолюмінесценції кристала $BaCd_2Cl_6$:Sn при різних температурах і збудженні різними довжинами хвиль показали, що інтенсивність смуг 2.68 і 2.50 еВ дуже швидко падає з ростом температури (рис. 2, криві 1–3), а інтенсивність смуг 2.31 і 2.11 еВ — досить повільно (рис. 2, криві 1–5). Аналогічно себе ведуть A_T- і A_X-смуги активаторної люмінесценції в лужно-галоїдних кристалах [9].

Наявність п'яти смуг люмінесценції можна пояснити, якщо вважати, що в кристалі $BaCd_2Cl_6$:Sn не тільки реалізується ефект Яна–Теллера, але й йон Sn^{2+} займає два нееквівалентні положення в кристалічній ґратці, тобто — положення йонів Ba^{2+} і Cd^{2+}. Останнє приводить до зміни енерґії випромінювальних квантів. Тому в таблиці 1 ідентифіковано чотири смуги, що відповідають A_T- і A_X-випромінюванню, але в одному випадку йон Sn^{2+} заміняє йон Ba^{2+} у кристалічній ґратці (A_T^{Ba} і A_X^{Ba}), а в іншому — йон Cd^{2+} (A_T^{Cd} і A_X^{Cd}).

Смуга фотолюмінесценції 2.84 еВ виникає переважно при збудженні у високоенерґетичній ділянці ($E \geq 5.0$ еВ), і її інтенсивність досить чутлива до чистоти вихідної сировини, тому на цьому етапі її ідентифікувати важко.

B. Спектри збудження A_T- і A_X-смуг фотолюмінесценції

Спектри збудження для A_T-смуги фотолюмінесценції кристала $BaCd_2Cl_6$:Sn при 77 K характеризуються складним контуром, зумовленим сильним перекриттям окремих смуг унаслідок як ефекту Яна–Теллера, так і нееквівалентного розміщення йона Sn^{2+} у кристалічній ґратці (рис. 3,а). Найефективніше свічення в A_T-смузі збуджується в ділянці 4.2–4.8 еВ. У ділянці високих енерґій (5.75–6.25 еВ) ефективність збудження невелика.

Спектр збудження для A_X-смуги фотолюмінесценції є дещо відмінним від спектра збудження для A_T-смуги (рис. 3,б). Так, з боку менших енерґій виникає нова інтенсивна смуга при 3.78 еВ. Крім цього, A_X-смуга фотолюмінесценції набагато ефективніше збуджується у високоенерґетичній ділянці спектра.

З підвищенням температури (77–180 K) швидко падає інтенсивність смуг збудження фотолюмінесценції 5.80 і 6.02 еВ (рис. 4, криві 1–3), що є характерним для смуг поглинання (збудження фотолюмінесценції) колоактиваторного екситона D_1 і D_2 [11]. З рис. 3, б і 4 бачимо, що ефективність фотолюмінесценції Sn^{2+}-центрів при збудженні в екситонній смузі поглинання 6.18 еВ при 77 K є досить малою.

Для виявлення положення A-, B- і C-смуг поглинання (збудження фотолюмінесценції), які відповідають електронним переходам ${}^1A_{1g} \to {}^3T_{1u}$; ${}^1A_{1g} \to {}^3T_{2u}, {}^3E_u$ і ${}^1A_{1g} \to {}^1T_{1u}$ відповідно, ми дослідили спектри збудження фотолюмінесценції з використанням інтерференційних світлофільтрів, що відповідають приблизному положенню смуг фотолюмінесценції (див. табл. 1). Крім того, для більшої впевнености ми використали закономірності розміщення A-, B- і C-смуг збудження фотолюмінесценції Sn^{2+}-центрів у кристалах $MgCl_2$:Sn, $CaCl_2$:Sn, $SrCl_2$:Sn, $BaCl_2$:Sn і $ACaCl_3$:Sn (A = K, Rb, Cs) (таблиця 3), де йон Sn^{2+} займає положення Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+} і Ba^{2+} відповідно [5,6,9]. У всіх цих кристалах (кубічних $SrCl_2$, $CsCaCl_3$ і нижчої симетрії $CaCl_2$, $BaCl_2$, $ACaCl_3$ (A = K, Rb)) спостерігаємо дві A-смуги (A_1 і A_2), дві B-смуги (B_1 і B_2) і три C-смуги збудження фотолюмінесценції (C_1, C_2 і C_3), зумовлені ефектом Яна–Теллера. Цей аналіз літературних даних ми використали для знаходження положень A- і B-смуг збудження люмінесценції Sn^{2+}-центрів у кристалі $BaCd_2Cl_6$:Sn, що займають різні позиції йонів Ba^{2+} і Cd^{2+}.

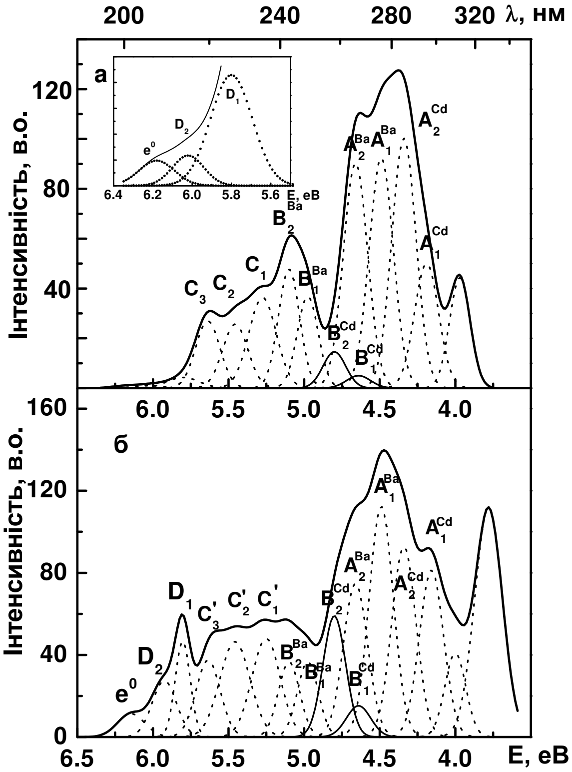

Рис. 3. Спектри збудження A_T-смуги (а) і A_X-смуги (б) фотолюмінесценції кристала $BaCd_2Cl_6$:Sn при температурі 77 K та їх розклад на окремі ґауссівські компоненти. На вставці (а) показано у збільшеному вигляді спектральну ділянку 5.5–6.4 еВ.

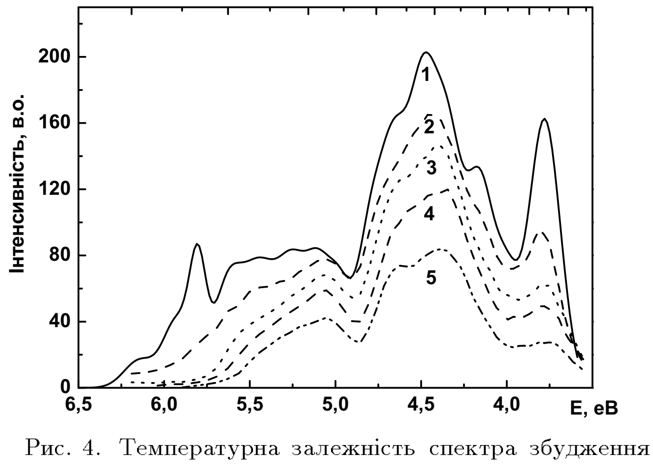

Рис. 4. Температурна залежність спектра збудження A_X-смуги фотолюмінесценції. Крива 1 — 77 K, 2 — 117 K, 3 — 182 K, 4 — 212 K, 5 — 254 K.

Кристал	A-смуга, еВ		B-смуга, еВ		C-смуга, еВ			Джерело
$MgCl_2$:Sn	4.02	4.31	4.52	4.74	4.99	5.31	5.46	[10]
$CaCl_2$:Sn	4.31	4.48	4.74	4.93	5.27	5.44	5.64	[10]
$SrCl_2$:Sn	4.60	4.73	4.97	5.18	5.63	5.78	5.98	[5]
$BaCl_2$:Sn	4.47	4.47	4.67	4.72	5.14	5.16		[7]
$KCaCl_3$:Sn	4.27	4.38	4.64	4.78	5.23	5.34	5.43	[6]
$RbCaCl_3$:Sn	4.29	4.37	4.69	4.78	5.22	5.35	5.48	[6]
$CsCaCl_3$:Sn	4.27	4.35	4.62	4.78	5.24	5.36	5.49	[6]

Таблиця 3. Положення максимумів A-, B- і C- смуг збудження фотолюмінесценції в кристалах ABX_3:Sn і BX_2:Sn (A = K, Rb, Cs; B = Mg, Ca, Sr, Ba).

Результати розкладу складних спектрів збудження фотолюмінесценції кристала $BaCd_2Cl_6$:Sn на окремі смуги ґауссівської форми та їх ідентифікація подані в таблиці 4.

A_T-люмінесценція		A_X-люмінесценція		Природа смуги
E, еВ	ΔH, еВ	E, еВ	ΔH, еВ	
		3.78	0.216	
3.97	0.161	4.00	0.157	
4.19	0.188	4.16	0.188	A_1(Cd)
4.34	0.188	4.34	0.188	A_2(Cd)
4.49	0.188	4.49	0.188	A_1(Ba)
4.64	0.188	4.64	0.188	A_2(Ba)
4.66	0.188	4.66	0.188	B_1(Cd)
4.80	0.176	4.80	0.176	B_2(Cd)
4.97	0.162	4.97	0.162	B_1(Ba)
5.10	0.165	5.10	0.165	B_2(Ba)
5.28	0.188	5.25	0.188	C_1
5.47	0.195	5.46	0.195	C_2
5.63	0.195	5.65	0.195	C_3
5.80	0.188	5.80	0.188	D_1
6.02	0.188	6.02	0.188	D_2
6.18	0.211	6.18	0.211	e^0

Таблиця 4. Положення та півширини смуг збудження для A_T- і A_X-смуг фотолюмінесценції кристала $BaCd_2Cl_6$:Sn при 77 K.

З рис. 3 бачимо, що A_T-смуга фотолюмінесценції збуджується в ділянці 3.97 еВ. Інтенсивність останньої різко зростає зі збільшенням концентрації Sn^{2+}-центрів (c_2) в кристалі $BaCd_2Cl_6$:Sn. Тому ми вважаємо, що вона зв'язана з поглинанням $(Sn^{2+})_2$-центрів.

Звертає на себе увагу більша інтенсивність світіння при збудженні в A_2^{Cd}-смузі, ніж в A_1^{Cd}-смузі (рис. 3,а). Водночас при 77 K для кристалів ABX_3:Sn і BX_2:Sn спостерігаємо протилежне явище: інтенсивність A_1-смуг збудження фотолюмінесценції є більшою. Ми провели спектральний аналіз досліджуваних кристалів і виявили в них домішки свинцю та марганцю. Детальне вивчення цього ефекту показало, що ми маємо справу з накладанням смуг збудження фотолюмінесценції Sn^{2+}-центрів (A_2^{Cd} — 4.34 еВ) і Pb^{2+}-центрів (A_1^{Ba}—4.33 еВ), які займають позицію Ba^{2+}.

З рис. 3, б бачимо, що A_X-смуга фотолюмінесценції ефективно збуджується в ділянці 3.78 еВ. Її природу поки що важко встановити, оскільки ці невідомі центри випромінюють у ділянці $E < 2.2$ еВ.

C. Квантовий вихід фотолюмінесценції

Вимірювання величини абсолютного квантового виходу фотолюмінесценції кристала $BaCd_2Cl_6$:Sn проводили в температурному інтервалі 77–234 K. При 77 K величина $\eta_k = 0.78 \pm 0.07$. Оскільки при відповідних температурах вимірювали повний спектр фотолюмінесценції, то, розкладаючи останній на ґауссівські компоненти (таблиця 1), ми вираховували окремо величини квантових виходів для A_T- і A_X-смуг фотолюмінесценції (η_k^T і η_k^X відповідно), а також квантові виходи фотолюмінесценції для світіння активатора, розміщеного в позиціях Ba $\eta_k^{\mathrm{Ba}} = \left(\eta_k^{T(\mathrm{Ba})} + \eta_k^{X(\mathrm{Ba})}\right)$ та кадмію $\eta_k^{\mathrm{Cd}} = \left(\eta_k^{T(\mathrm{Cd})} + \eta_k^{X(\mathrm{Cd})}\right)$.

Величина η_k з підвищенням температури швидко зменшується (рис. 5,а, крива 1), тобто температурне гасіння люмінесценції кристала $BaCd_2Cl_6$:Sn починається при $T \approx 77$ K. За температурною залежністю величини η_k за допомогою формули Мотта вираховано енерґію активації безвипромінювальних переходів $\varepsilon = 36$ меВ і постійну гасіння $C = 0.61 \cdot 10^2$.

При 77 K величина η_k^T є більшою, ніж η_k^X (рис. 5,а, криві 2 і 3 відповідно), і далі з підвищенням температури величина η_k^T різко падає, а в ділянці температур 120–230 K майже залишається постійною. Водночас величина η_k^X повільно зменшується з підвищенням температури (рис. 5,а, крива 3). Зауважимо, що величина η_k^X для кристалів AX: Sn з підвищенням температури спочатку зростає, а далі падає [11,12]. З цього випливає, що для кристала $BaCd_2Cl_6$:Sn адіябатичний потенціял X збудженого релаксованого стану йона Sn^{2+} характеризується глибоким мінімумом, і тому ймовірність тунельних переходів із тригональних мінімумів на тетрагональні є досить малою.

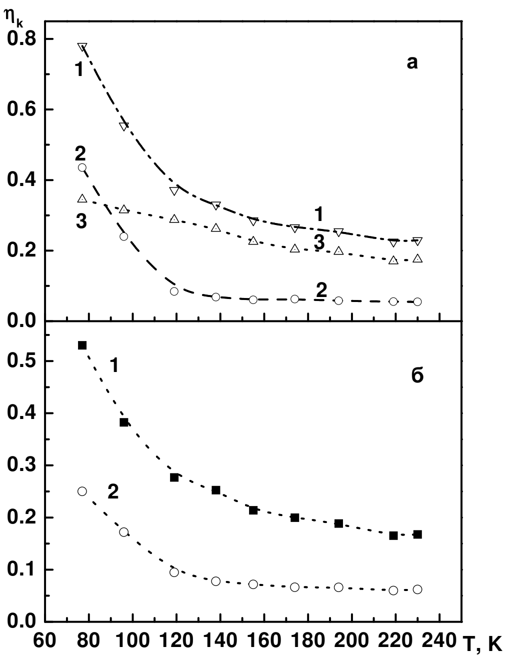

Рис. 5. а) Температурна залежність величин $\eta_k = (\eta_k^T + \eta_k^X)$ (крива 1), $\eta_k^T = (\eta_k^{T(\mathrm{Ba})} + \eta_k^{T(\mathrm{Cd})})$ (крива 2), $\eta_k^X = (\eta_k^{X(\mathrm{Ba})} + \eta_k^{X(\mathrm{Cd})})$ (крива 3); б) $\eta_k^{\mathrm{Cd}} = (\eta_k^{T(\mathrm{Cd})} + \eta_k^{X(\mathrm{Cd})})$ (крива 1), $\eta_k^{\mathrm{Ba}} = (\eta_k^{T(\mathrm{Ba})} + \eta_k^{X(\mathrm{Ba})})$ (крива2).

При 77 K величина $\eta_k^{\mathrm{Cd}} = 0.53$ є більшою, ніж величина $\eta_k^{\mathrm{Ba}} = 0.25$, причому цю закономірність спостерігаємо і при вищих температурах (рис. 5,б, криві 1 і 2 відповідно). Відношення величин $\eta_k^{\mathrm{Cd}}/\eta_k^{\mathrm{Ba}}$ міняється зі зміною довжини хвилі збуджуючого світла, однак воно завжди перевищує одиницю навіть при збудженні в A_1^{Ba}- і A_2^{Ba}-смугах поглинання. З цього випливає, що в досліджуваних кристалах відбувається ефективна міґрація енерґії збудження від йонів Sn^{2+}, які заміняють йони Ba^{2+}, до йонів Sn^{2+}, що заміняють йони Cd^{2+}. Гасіння люмінесценції Sn^{2+}-центрів, що заміняють йони Ba^{2+}, є менш температурно стійким.

IV. ВИСНОВКИ

1. У спектрі фотолюмінесценції кристала $BaCd_2Cl_6$:Sn при 77 K спостерігаємо п'ять смуг: 2.84; 2.68; 2.50; 2.31 і 2.11 еВ. Смуги 2.68 і 2.31 еВ та 2.50 і 2.11 еВ відповідають переходам із ян–теллерівських мінімумів адіябатичних потенціялів релаксованого збудженого стану в основний стан (A_T- й A_X-смуги) для випадків, коли йон Sn^{2+} займає позицію Ba^{2+} і Cd^{2+} відповідно. Природа смуги 2.84 еВ поки що не встановлена.

2. Спектр збудження фотолюмінесценції кристала $BaCd_2Cl_6$:Sn характеризується складним контуром, зумовленим сильним перекриттям A-, B-, C- і D- смуг поглинання Sn^{2+}- центрів, які займають положення йонів Ba^{2+} і Cd^{2+} в кристалічній ґратці. Ідентифікація A-, B- і C-смуг проведена на основі закономірностей їх розміщення в кристалах BX_2:Sn і ABX_3:Sn.

3. Величина абсолютного квантового виходу фотолюмінесценції η_k кристала $BaCd_2Cl_6$:Sn при температурі 77 K становить $\eta_k = 0.78 \pm 0.09$. За температурною залежністю величини η_k за допомогою формули Мотта знайдено енерґію активації безвипромінювальних переходів $\varepsilon = 36$ меВ і постійну гасіння $C = 0.61 \cdot 10^2$.

[1] I. Narai-Szabo, *Неорганическая кристаллохимия* (Изд-во АН Венгрии, Будапешт, 1969).
[2] M. Ledesert, B. Raveau, J. Solid State Chem. **67**, 340 (1987).
[3] О. М. Бердичевський, М. С. Підзирайло, О. Т. Антоняк, І. В. Стефанський, Вісн. Львів. ун-ту, сер. фіз. **33**, 51 (2000).
[4] В. Н. Вишневский, А. Б. Лыскович, Н. С. Пидзырайло, Сб. *Физика щелочно-галоидных кристаллов* (Издательство Латвийского университета, Рига, 1962).
[5] Н. С. Пидзырайло, И. П. Пашук, А. С. Волошиновский, Укр. физ. журн. **27**, 259 (1982).
[6] В. Н. Вишневский, А. С. Волошиновский, И. П. Пашук, Н. С. Пидзырайло, З. А. Хапко, Опт. спектроскоп. **52**, 501 (1982).
[7] K. Kynev, V. Tabakova, Bulg. J. Phys. **7**, 270 (1980).
[8] V. Tabakova, O. Konsulova, Z. Phys. Chem. **166**, 47 (1990).
[9] A. Fukuda, Phys. Rev. B **1**, 4161 (1970).
[10] В. Н. Вишневский, Н. С. Пидзырайло, Изв. АН СССР, сер. физ. **43**, 1112 (1979).
[11] A. Scacco, P. W. M. Jacobs, J. Luminescence **26**, 390 (1982).
[12] P. W. M. Jacobs, J. Phys. Chem. Solids **52**, 35 (1991).

ON THE LUMINESCENCE OF $BaCd_2Cl_6$:Sn CRYSTAL

O. M. Berdychevsky, M. S. Pidzyrailo, V. V. Kupchinskiy
Ivan Franko National University of Lviv, Department of Physics,
8 Kyryla i Mefodia Str., Lviv, UA–79005, Ukraine
e-mail: Superlab@Franko.Lviv.UA

The results on the studying of photoluminescence spectra and excitation photoluminescence spectra of the $BaCd_2Cl_6$:Sn crystal in the temperature range of 77–300 K are reported. Several photoluminescence bands, which correspond to the transitions from Jahn–Teller minima of adiabatic potential energy surface of $^3T_{1u}$ state into $^1A_{1g}$ ground state of Sn^{2+} impurity ion, were observed at 2.68, 2.50, 2.31 and 2.50 eV. An assignment of the excitation bands with A-, B- and C-absorbtion bands of Sn^{2+} impurity were made on the basis of a general regularity of their location in BX_2:Sn and ABX_3:Sn crystals. The value of the absolute quantum efficiency of the photoluminescence η_k was determined and its temperature dependence was explored. From the Mott equation an activation energy of the non-radiative transitions ($\varepsilon = 36\,\mathrm{meV}$) and quenching constant ($C = 0.61 \cdot 10^2$) for the $BaCd_2Cl_6$:Sn crystal were calculated.