

ЦЕНТРИ ЗЕЛЕНО-ЖОВТОГО ТА ЧЕРВОНОГО СВІЧЕННЯ
В КРИСТАЛАХ ЙОДИСТОГО КАДМІЮ

М.М. Рудка

Національний університет “Львівська політехніка”

79013, Львів, вул. С. Бандери, 12

e-mail: mrudpolynet.lviv.ua

(Отримано 7 жовтня 2010 р.)

Показано, що домінуючими центрами свічення в шаруватих кристалах CdJ_2 є асоційовані донор-акцепторні (ДА) комплекси точкових дефектів структури у складі катіонної вакансії та міжвузлового кадмію. Шарувата структура кристала зумовлює два різні типи таких власних ДА пар: “катіонна вакансія – міжвузловий кадмій в структурному шарі”; “катіонна вакансія – міжвузловий кадмій між шарами”. Є можливою також їх асоціація в складні комплекси типу $(Cd_i^0 - V_{Cd}^- - Cd_i^+)$. Спектральне положення та тривалість донор-акцепторної люмінесценції визначаються енергетичними параметрами таких центрів свічення і швидкістю локалізації на них нерівноважних генетичних електронно-діркових пар.

Ключові слова: шаруваті кристали, донор-акцепторна люмінесценція, генетична електрон-діркова пара.

PACS: 72.40.+w

УДК: 535.37

Вступ

Кристали CdJ_2 займають за багатьма фізичними властивостями проміжне положення між діелектриками A^1B^7 та напівпровідниками A^2B^6 . Їх структурний тип С6 ґрунтується на щільній гексагональній упаковці шарів $J - Cd - J$. У межах структурного шару діють сильні іонно-ковалентні взаємодії, а між шарами — слабкі ван-дер-ваальсові сили, що зумовлює анізотропію багатьох фізичних властивостей, а також значну дефектність йодистого кадмію [1]. Чисті кристали CdJ_2 оптично та радіаційно стійкі. Непрямий край їх фундаментального поглинання при кімнатній температурі лежить в області 3,2 еВ та із зниженням температури до 77 К зміщується до 3,5 еВ. Спеціально неактивовані йодиди кадмію при кімнатній температурі мають незначну фотолюмінесценцію (ФЛ) та рентгенолюмінесценцію (РЛ) з максимумом свічення при 2,5–2,4 еВ. При зниженні температури нижче за 200 К спостерігається різкий ріст інтенсивності ФЛ і РЛ (у разі збудження кристалів в області фундаментального поглинання) із широкою неелементарною смугою свічення з максимумом в області 2,3...2,2 еВ. Максимальний вихід інтегральної люмінесценції фіксується поблизу температури кипіння рідкого азоту. При подальшому зниженні температури зразків до температури кипіння рідкого гелію в спектрах люмінесценції реєструються крім домінуючого за інтенсивністю свічення з максимумом в області 2,5–2,1 еВ також і слабо інтенсивні прикордові смуги в області 3,3–3,1 еВ, зумовлені автолокалізованими екситонами [1].

Серед класу шаруватих кристалів значна функція належить високоомному радіаційно стійкому йодистому кадмію, легування якого різними домішками дає змогу отримувати, зокрема, люмінофори на видимий спектральний діапазон, fotocутливі елементи, детектори ультрафіолетового та рентгенівського випромінювання тощо. Вивченню його оптико-люмінесцентних характеристик присвячено чимало праць (наприклад, [1–14]). Проте, природа післясвічення в галогенідах кадмію інтерпретують різні автори по-різному і пов'язується із свіченням релаксованих [5], автолокалізованих [6] або самозахоплених [7] екситонів, з рекомбінацією нерівноважних носіїв заряду через донорно-акцепторні (ДА) пари власних дефектів структури [1] тощо.

Відомо, що в кристалах йодистого кадмію люмінесценцію можна збудити електромагнітним опроміненням із області фундаментального поглинання зразків. Спектральний склад післясвічення і його кінетичні характеристики залежать від розподілу дефектів у кристалах. У чистих зразках, і, зокрема, вирощених методом Бріджмена-Стокбагера із сировини, попередньо очищеної зонним плавленням, домінують в основному точкові дефекти типу Шотткі, а також присутні в значній кількості крайові та гвинтові дислокації [1]. Найхарактернішою особливістю таких об'ємних кристалів є селективна смуга за краєм фундаментального поглинання в області 3,23 еВ, котра проявляється в спектрах поглинання та спектрах збудження фотолюмінесценції при температурах, нижчих від 200 К. Природу цієї смуги до сьогодні ще остаточно не встановлено і в літературних

джерелах немає однозначної її інтерпретації. Вказану смугу приписують різним центрам, як то надлишковому кадмію [9], лінійним дефектам кристала [10], екситонам [11], отже, збудженню домішкового центра при безвипромінювальній рекомбінації нерівноважних носіїв заряду на донорно-акцепторних парах [12], внутріцентровим переходам в неконтрольованій домішці свинцю [13,14] тощо.

Метою роботи було встановлення природи центрів свічення та механізму випромінювальної рекомбінації нерівноважних носіїв заряду в шаруватих кристалах йодистого кадмію.

I. Методика експерименту

Досліджувались об'ємні монокристали CdJ_2 , вирошені з розплаву методом Бріджмена–Стокбаргера із попередньо очищеної зонною плавкою сировини, вирошені з розчину, а також тонкоплівкові зразки, отримані методом термічного розпилення та осадження на кварцові підкладки. Активацію домішками проводили введенням їх у шихту, а також інтеркаляцією. Як показували дані рентгеноструктурного аналізу, усі досліджувані зразки мали базову 4Н-політипну модифікацію.

Шарувата структура йодистого кадмію сприяє можливості отримання ідеально плоскопаралельних зразків кристалів для досліджень під час сколювання їх по площинах спайності. До того ж їхня поверхня не потребує додаткового оброблення.

Комплекс експериментальних вимірювань проведено в спектральному діапазоні 200–1200 нм та інтервалі температур 4,2–600 К. Використано методику дослідження спектрів пропускання (поглинання) та люмінесценції у разі збудження в різних спектральних областях, а також методику дослідження спектрів збудження фотолюмінесценції (СЗФЛ) та кінетику фотолюмінесценції під час наносекундного збудження йодистого кадмію ультрафіолетовими імпульсами світла із області фундаментального поглинання зразків. Отримані результати зіставляли із результатами, проведених на цих самих зразках електричних вимірювань, та даними їх термоактиваційної спектроскопії (ТАС), як то вимірюваннями термостимульованої люмінесценції (ТСЛ), термостимульованої поляризації (ТСП) і деполяризації (ТСД), термостимульованих струмів (ТСС).

II. Отримані результати та їх обговорення

Встановлено, що форма спектра люмінесценції чистих кристалів йодистого кадмію, збуджених міжзонним світлом, залежить від інтенсивності селективної смуги поглинання за краєм фундаментальної зони в області 3,23 еВ [15,16]. У кристалах із незначною інтенсивністю цієї смуги за температур, близьких до температури кипіння рідкого азоту (77 К), в фотолюмінесценції максимум свічення припадає на

зелену область (близько 2,5 еВ) спектра та є флуоресценцією із часом релаксації близько 50 нс. Чим більша інтенсивність селективної смуги 3,23 еВ, тим більше в спектрі люмінесценції домінує жовта фосфоресценція з часом релаксації післясвічення близько 5 мкс та має місце зсув максимуму в довгохвильову область до 2,2 еВ. За кімнатних температур у спектрі люмінесценції йодистого кадмію домінує швидка складова з слабко інтенсивною широкою неелементарною смугою з максимумом при 2,5 еВ [1].

Селективна смуга 3,23 еВ в спектрах поглинання йодистого кадмію простежується лише за температур, нижчих від 200 К і лише для орієнтації, коли фотозбудження відбувається в напрямку вздовж (або під невеликими кутами до) головної кристалографічної осі C_6 [1]. Тобто поглинання світла як поперечної електромагнітної хвилі з такою енергією (близько 3,23 еВ) здійснюється центрами, що забезпечують електронні переходи в площині структурного шару (перпендикулярно до осі C_6 кристала). Потрібно відзначити, що в чистих кристалах CdJ_2 практично неможливо в однофотонному режимі в області температур нижче 200 К збудити фотолюмінесценцію світлом з енергією квантів менше 3,1 еВ.

Встановлено також, що інтенсивність смуги поглинання в області 3,23 еВ корелює із інтенсивністю піків на кривих ТСЛ, ТСД, ТСС, отриманих за попереднього збудження кристала CdJ_2 при 77 К світлом з краю фундаментального поглинання зразків. Ці піки зумовлені [15,17] локальними енергетичними рівнями в забороненій зоні йодистого кадмію, що генеровані власними точковими (Cd_i , V_{Cd} , V_J) та лінійними дефектами (ЛД) структури. Збільшити інтенсивність такої смуги поглинання та збудження люмінесценції 3,23 еВ можна, наприклад, лазерним обробленням поверхні [15]. Цей факт може слугувати підтвердженням власної природи вказаної смуги поглинання.

Однак відзначимо, що введення в кристали йодистого кадмію в невеликих концентраціях домішок сприяє практично у всіх випадках підвищенню інтенсивності вищезгаданої селективної смуги та приводять до розширення (залежно від сорту домішки) цієї смуги, вказуючи на неелементарність її природи. Особливо “активно” збільшують інтенсивність селективної смуги домішки 1-ї групи періодичної таблиці елементів (мідь [15,16,17], золото, тощо) (рис. 1). Своєю чергою, значно “розширюють” зазначену селективну смугу поглинання (а отже, чітко вказують на присутність у таких активованих зразках близько розміщених принаймні двох смуг в області 3,24–3,10 еВ) домішки четвертої групи, зокрема домішка свинцю (див. рис. 1).

З метою кращого спостереження особливостей прояву люмінесцентних властивостей йодистого кадмію, використано домішку міді [15, 16, 18]. Цей активатор, з одного боку, істотно підвищує інтенсивність зелено-жовтої люмінесценції, характерної для чистих зразків, а з іншого, практично не змінює (за

незначних концентрацій домішки) порівняно з чистими зразками спектральний склад свічення (рис. 1, криві 1, 1', 1''). До того ж (чи як наслідок вищенаведеного), в активованих міддю кристалах йодистого кадмію істотно зростає, порівняно з чистими зразками, інтенсивність селективної смуги поглинання та збудження люмінесценції в області 3,24–3,21 еВ (за напрямку поширення світла, близького до напрямку головної кристалографічної осі C_6).

Під час збудження в кристалах йодистого кадмію фотолюмінесценції світлом із області селективної смуги 3,23 еВ спостерігається свічення, спектральний склад якого залежить від температурних умов перебування дослідних зразків (рис. 2). При $T > 50$ К в спектрі свічення спостерігається як швидка зелена флюоресценція, так і червона фосфоресценція з максимумом при 1,9 еВ (рис. 2). До речі, червона люмінесценція практично не проявляється (принаймні є незначною) у разі міжзонного збудження чистих монокристалів йодистого кадмію вздовж головної кристалографічної осі (див. рис. 1).

У кристалах з домішкою міді на спектрах фотопровідності (ФП), виміряних вздовж головної кристалографічної осі одночасно із СЗФЛ, в домішковій області спостерігається [15,19] "симетричний" до селективної смуги 3,23 еВ мінімум ("антисмуга"). Цей факт свідчить про внутріцентричний характер збудження фотолюмінесценції йодистого кадмію в цій ділянці спектра.

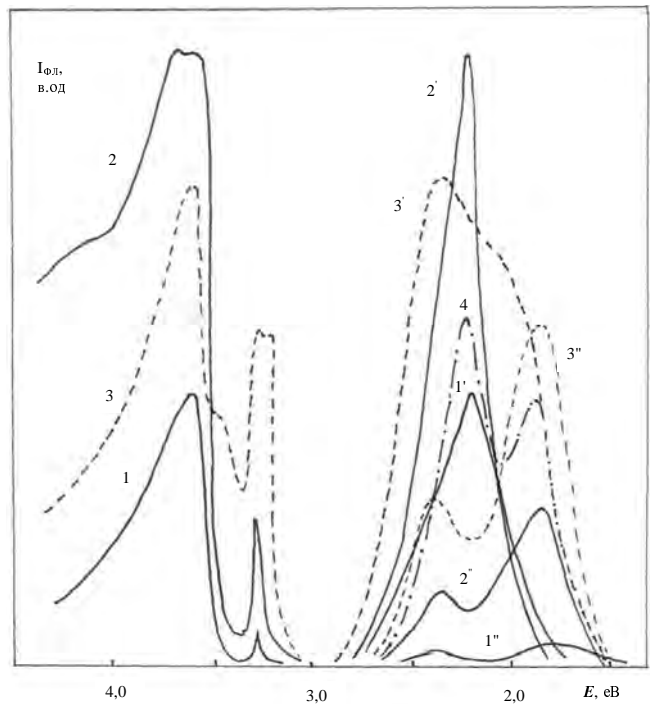


Рис. 1. Спектри збудження фотолюмінесценції кристалів CdJ_2 (1), $CdJ_2: Cu$ (2), $CdJ_2: Pb$ (3) та їхні спектри свічення у разі збудження світлом з енергією 3,5 еВ (1', 2', 3'), світлом 3,23 еВ (1'', 2'', 3'') та 3,1 еВ (4). $T=80$ К

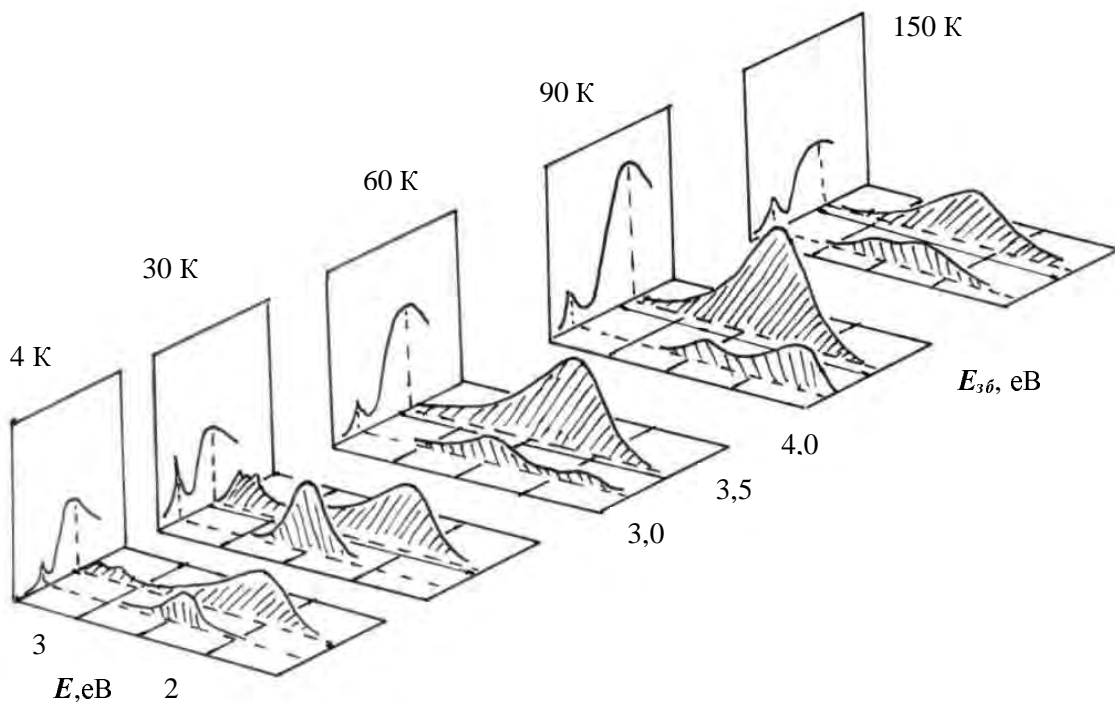


Рис. 2. Спектри фотолюмінесценції кристалів $CdJ_2: Cu$, збуджених за різних температур світлом з енергіями 3,23 еВ та 3,55 еВ

Основні термоактиваційні піки в кристалах CdJ_2 та $CdJ_2:Cu$

T_M , К	CdJ_2	$CdJ_2:Cu$	Природа ЦП	Положення максимуму в спектрі термо-висвічування піків ТСЛ
105 (ТСЛ,ТСД)	+	+	Cd_i^0 [15-18]	2,25
125 (ТСЛ,ТСД)	-	+	Cu_i^0 [15-18]	2,25
137 (ТСЛ,ТСД)	+	+	ЛД [15-18]	2,25
175 (ТСЛ,ТСД)	+	+	V_{Cd-} [15-18]	1,9
185 (ТСЛ,ТСД)	-	+	Cu_{Cd-} [15-18]	1,9
240 (ТСД)	+	-	Cd_i^+	
270 (ТСД)	-	+	Cu_i^+ [15-18]	

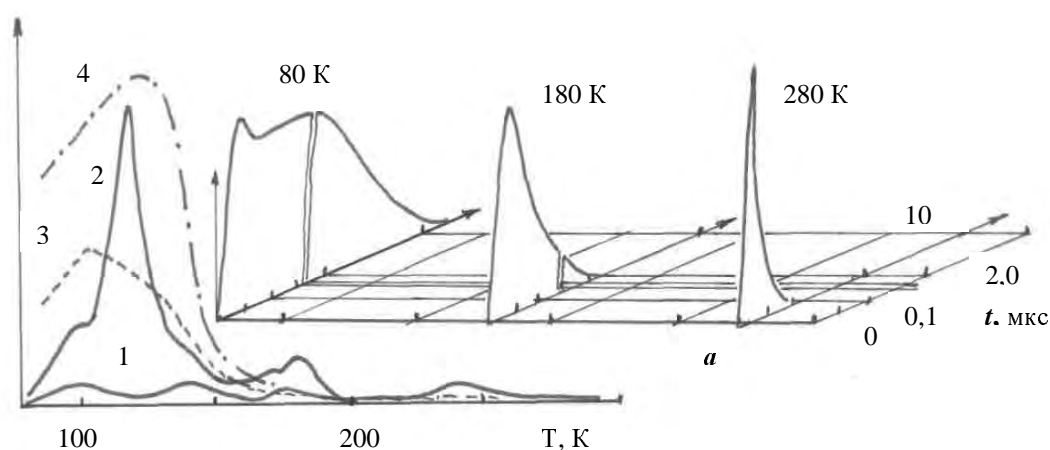


Рис. 3. Криві ТСЛ (1,2), температурний хід інтегральної фотолюмінесценції (3,4) кристалів CdJ_2 (1,3) та $CdJ_2:Cu$ (2,4). a — криві кінетики ФЛ у разі збудження імпульсами ($t_{\text{імп}} = 8$ нс) світла з енергією 3,68 еВ за різних температур

За результатами вимірювань температурних залежностей спектрів ФП, СЗФЛ, ФЛ, кінетики ФЛ та зіставлення їх із даними ТАС встановлено, що з ростом температури від 4 К зростає інтенсивність фотолюмінесценції в зелено-жовтій ділянці спектра, досягаючи свого максимального інтегрального виходу за температур близько 100–110 К для чистих кристалів, та близько 130–140 К – для активованих. Вище від вказаних температур спостерігається спад інтегрального виходу люмінесценції, а також має місце скорельований з температурним ходом інтенсивності люмінесценції температурний зсув положення селективної смуги за краєм поглинання. За даними ТАС максимум інтегральної інтенсивності люмінесценції в чистих кристалах йодистого кадмію спостерігається при температурах, коли термічно делокалізуються нерівноважні електрони із мілких пасток — донорних рівнів, зумовлених міжвузловими всередині

структурного шару атомами кадмію. З подальшим збільшенням температури зменшення інтегральної інтенсивності свічення зумовлене зменшенням часу післясвічення. Особливо стрімко починає зменшуватися інтенсивність люмінесценції вище від температур, коли термічно делокалізуються носії з мілких акцепторних рівнів, що належать лінійним дефектам кристалічної ґратки (вище 140 К) і зростає імовірність термічного звільнення нерівноважних дірок із акцепторних рівнів вакансій кадмію V_{Cd-} (порівняти криві рис. 2 із даними таблиці). Також спостерігається зсув положення максимуму свічення до 2,5 еВ. Вище 180 К, коли термічно іонізовані вакансії кадмію, фотопомножувачі рееструють лише незначну інтенсивність фотолюмінесценції в широкому спектральному діапазоні з незначним максимумом в області 2,5 еВ [1].

Однак, як показують експериментальні дослідження кінетики фотолюмінесценції (рис. 3) кристалів йодистого кадмію, під час збудження імпульсами тривалістю 8 нс ультрафіолетового світла з енергією 3,68 еВ, вище 180 К має місце зростання амплітуди сигналу фотовідклику поряд із зменшенням його півширини. Тобто, насправді, зі збільшенням температури відбувається зменшення інтенсивності фосфоресценції за рахунок зменшення часу релаксації нерівноважних носіїв заряду на центрах випромінювальної їх рекомбінації, і, фактично, має місце зростання люмінесцентного (флуоресцентного) виходу із залученням все більшої кількості центрів свічення при одночасному зменшенні часу локалізації “гарячих” нерівноважних електрон-діркових пар. Видиме приладами зменшення інтенсивності інтегральної люмінесценції зобов’язане, очевидно, апаратурній часовій обмеженості системи реєстрації сигналів.

Порівняння температурного ходу спектрів фотолюмінесценції та температурної залежності положення максимуму селективної смуги 3,23 еВ з даними ТАС свідчать на користь донорно-акцепторної природи зелено-жовтої люмінесценції в цих кристалах. У чистих кристалах йодистого кадмію до складу таких донорно-акцепторних (ДА) пар входять власні точкові дефекти структури, а саме, вакансія кадмію та міжвузловий кадмій у структурному шарі. В активованих переважною більшістю домішок зразках можливі як власні, так і власно-домішкові комплекси дефектів. Ці дефекти спричиняють появу мілких рівнів поблизу дозволених енергетичних зон і є ефективними центрами прилипання для нерівноважних носіїв заряду за температур, нижчих від 200 К.

Як показують дослідження, спектральний склад свічення низькотемпературних (90–140 К) піків ТСЛ (зумовлених термічним звільненням з мілких донорів нерівноважних електронів) аналогічний спектру свічення кристалів у разі їх міжзонного збудження. До того ж висвічування піків ТСЛ за температур вище 150 К (коли зростає імовірність звільнення нерівноважних дірок із акцепторних центрів) в спектрі свічення домінує червона люмінесценція з максимумом близько 1,9 еВ. Така сама люмінесценція (фосфоресценція) за спектральним складом спостерігається в кристалах йодистого кадмію (як чистих, так і активованих) у разі збудження світлом із селективної смуги поглинання 3,23 еВ (див. рис. 1, 2), але не спостерігається практично при міжзонному збудженні кристалів. Червоне свічення кристалів також має властивості ДА-люмінесценції [11,12]. А значить, це свічення при ТСЛ зумовлене перелокалізацією нерівноважних дірок з акцепторних рівнів вакансії кадмію на ДА пари з локалізованими на них нерівноважними електронами. Тобто у забороненій зоні перебуває принаймні ще один дозволений глибокий рівень енергії, спричинений, зокрема, донорами власної природи. Такий рівень, якого не видно на кривих ТСЛ, чітко спостерігається на кривих ТСД, ТСС, де він спричиняє появу максимуму термостимульованого струму в

області температури 240 К. Цим донорним центром у кристалах йодистого кадмію є іон мужвузлового кадмію в міжшаровому просторі Cd_i^+ , а, відповідно, червона люмінесценція в чистих кристалах йодистого кадмію відбувається під час локалізації нерівноважної електрон-діркової пари на ДА комплексі власних дефектів, що складається із вакансії кадмію та міжвузлового кадмію у Ван-дер-ваальсовій щільності. Оскільки така ДА пара зорієнтована своєю віссю вздовж головної кристалографічної осі, то вона залишається практично невидимою для світла, що поширюється вздовж цієї осі.

Вище згадувалося, що збудження кристала йодистого кадмію світлом із області селективної смуги поглинання 3,23 еВ не спричиняє (в ідеальному випадку) появи носіїв заряду у зонах дозволених значень енергії і тим самим не проявляється в спектрах фотопровідності. Тобто, таке збудження є внутріцентровим і має місце безпосереднє резонансне збудження центра свічення. Збудивши в такому центрі нерівноважного електрона, після релаксації його на збудженому рівні (за час близько 50 нс), відбувається повернення електрона назад на рівень акцептора із вивільненням надлишкової енергії у вигляді кванта зеленого світла та передачі частини енергії кристалічній ґратці на збудження фононів. За температур вище 50 К частина енергії, отриманої від повернення збудженого електрона, та енергія поглинутого фонуна (чи кількох фононів) збуджують “мілкішу” ДА пару, яка після випромінювальної на ній рекомбінації нерівноважних носіїв заряду дає червону фосфоресценцію (див. рис. 3).

Все свідчить про те, що і зелена, і червона люмінесценція збуджуються в одному центрі свічення — в комплексі з двох ДА пар (тобто, тримері типу $Cd_i^0 - V_{Cd}^- - Cd_i^+$, як комплекси двох ДА пар із спільним акцептором). Такий тример власних дефектів має специфічне структурне розташування в кристалічній ґратці йодистого кадмію. Його одне “крило” лежить у площині структурного шару і забезпечує появу селективної смуги поглинання з максимумом близько 3,23 еВ, а інше — вздовж головної кристалографічної осі C_6 і “невидиме” для світла, що поширюється перпендикулярно до площини шарів йодистого кадмію.

Відзначено у викладеному вище матеріалі і значення в зелено-жовтій люмінесценції кристалів йодистого кадмію лінійних дефектів структури. Вони, зокрема, зумовлюють пік на кривих ТАС при 137 К. Найімовірніше, що такий тример є локалізованим поблизу лінійного дефекту кристалічної структури.

Висновки

У шаруватих кристалах йодистого кадмію домінуючим центром, на якому відбувається випромінювальна рекомбінація нерівноважних носіїв заряду, є донор-акцепторна пара власних точкових дефектів: вакансія кадмію та міжвузловий кадмій. Така пара

доволі легко утворюється у разі стимульованого зовнішнім впливом зміщення у міжвузля катіона. Цьому сприяє той факт, що катіони займають міжшаррами йоду лише половину пустот. Зміщення вузлового кадмію у сусідню незайняту міжвузлову пустоту в межах структурного шару зумовлює утворення пари власних дефектів у складі: катіон у міжвузловому просторі та катіонна вакансія. Складнішим, однак можливим, є процес зміщення вузлового кадмію у міжшаровий простір, в результаті чого утворюється інша пара власних катіонних дефектів: катіонна вакансія і міжвузловий кадмій у міжшаровому просторі. За участі фононів поблизу лінійного

дефекту кристалічної ґратки під час асоціації таких двох пар утворюється строго просторово орієнтований тример, як комплекс у складі двох наведених вище пар із спільним акцептором. Такі комплексні центри (тример на лінійному дефекті) та асоційовані ДА пари власних катіонних дефектів і є тими центрами, на яких в кристалах йодистого кадмію під час локалізації нерівноважних електрон-діркових пар спостерігається подальша їх рекомбінація з випромінюванням зелено-жовтого (за міжзонного збудження кристала), чи зеленого та червоного (у разі безпосереднього збудження ДА-комплексу із селективної смуги поглинання) свічення.

Література

- [1] Широкозонные слоистые кристаллы и их физические свойства / Под ред. А. Б. Лысковича. – Львов: Вища школа, 1982. – 148 с.
- [2] Довгий Я. О., Китык И. В. Оптические функции и параметры энергетической зонной структуры кристаллов CdJ_2 // УФЖ. –1984. –т.29, №6. –С.884–887.
- [3] Бродин М. С., Блонский И. В. Экситонные процессы в слоистых кристаллах. – К.: Наукова думка, 1986. – 256 с.
- [4] Лыскович О. Б., Глосковська Н. К., Болеста І. М. Вплив дефектів структури на оптичні властивості кристалів CdJ_2 // Укр. фіз. журн. – 1975. – **20**, №6. – С.913–916.
- [5] H. Matsumoto, H. Nakagawa. Relaxed Excitonic States of Cadmium Halides // J. Luminescence. – 1979. – **12**, №1. – P.19–22.
- [6] A. M. Catalano, A. Cingolini, M. Ferrara, M. Lugara. Nonlinear processes in CdJ_2 crystals // Helvetica Physica Acta. – 1985. – **58**. – P.329–336.
- [7] C. R. Ronda, J. H. van der Meer, A. A. van Heuzen, C. Haas. Photoluminescence and Thermoluminescence of 4H- CdJ_2 // J. Sol. State Chem. – 1987. – **70**, №1. – P.3–11.
- [8] Лыскович А. Б., Бондарь В. Д., Пастырский Я. А., Рудка Н. Н. Влияние примеси меди и фотолиза на оптические свойства кристаллов и пленок йодистого кадмия // Изв. АН СССР. Неорг. матер. – 1990. – **26**, №2. – С.226–227.
- [9] Коханенко П. И. О полосах поглощения избыточных атомов металла в сублимированных пленках // Изв. АН СССР. Сер. физ. – 1951. – **15**, №5. – С.685–686.
- [10] Болеста І. М. Люмінесцентні властивості кристалів CdJ_2 // Укр. фіз. журн. – 1976. – **21**, №1. – С.28–33.
- [11] Кушнир О. Б. Исследование оптических и фотоэлектрических свойств кристаллов галоидных соединений кадмия: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Львів: Вид-во Львівського університету. – 1977. – 21 с.
- [12] T. Goto, M. Ueta. Phonon structure in adsorption and emission spectra of Pb^{++} doped CdJ_2 single crystals at 10 K // J. Phys. Soc. Japan. – 1970. – **9**, №16. – P.1512–1521.
- [13] T. Hayashi, T. Ohata, M. Watanabe, S. Koshino. Luminescence of lead ion centres in cadmium iodide single crystals // J. Phys. Soc. Japan. – 1994. – **63**, №12. – P.4629–4637.
- [14] Бондарь В. Д., Кушнир О. Б., Маркевич И. В., Шейнкман М. К. Оже-взаимодействие донорно-акцепторных пар с центрами свечения в кристаллах йодистого кадмия // ФТТ. – 1981. – **23**, №11. – С.3479–3481.
- [15] Рудка Н. Н. Рекомбинационные процессы и фотохимические превращения в кристаллах иодистого кадмия, активированных медью. Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Львів: Видавництво Львівського університету. –1 990. – 16 с.
- [16] Рудка М. Спектроскопія активованих міддю низько розмірних шаруватих кристалів йодистого кадмію // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. “Фізико-математичні науки”. – 2006. – №566. – С.97–102.
- [17] Рудка Н. Н. Термоактивационная спектроскопия локальных уровней в запрещенной зоне светочувствительных кристаллов $CdJ_2: Cu$ / Матер. 3 Конф. мол. ученых физ. фак. Львов. ун-та, Львов, 29–30 марта 1988. – Львов. ун-т, Львов. – 1988. – С.149–151. – Рус.-Деп. в УкрНИИНТИ, 16.12.1988.
- [18] Рудка М. М. Комплексні центри в кристалах $CdJ_2: CuJ$ // Вісник Львівського університету. Серія фізична. – 1991. – Вип.24. – С.52–56.
- [19] Рудка М. Прикраєва фотопровідність шаруватих кристалів йодистого кадмію // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. “Фізико-математичні науки”. – 2009. – №643. – С.94–98.

ЦЕНТРЫ ЗЕЛЕНО-ЖЕЛТОГО И КРАСНОГО СВЕЧЕНИЯ В КРИСТАЛЛАХ ЙОДИСТОГО КАДМИЯ

Н.Н. Рудка

*Национальный университет "Львівська політехніка",
ул. С. Бандеры, 12, Львов, 79013, Украина*

Показано, что доминирующими центрами свечения в слоистых кристаллах CdJ_2 являются ассоциированные донорно-акцепторные (ДА) комплексы точечных дефектов структуры в составе катионной вакансии и межузельного кадмия. Слоистая структура кристалла способствует образованию двух разных типов таких собственных ДА пар: "катионная вакансия – межузельный кадмий в структурном слое"; "катионная вакансия – межузельный кадмий между слоями". Возможна также их ассоциация в сложные комплексы типа $(Cd_i^0 - V_{Cd}^- - Cd_i^+)$. Спектральное положение и длительность донорно-акцепторной люминесценции определяются энергетическими параметрами таких центров свечения и скоростью локализации на них неравновесных генетических электронно-дырочных пар.

Ключевые слова: слоистые кристаллы, донорно-акцепторная люминесценция, генетическая электронно-дырочная пара.

PACS: 72.40.+w

УДК: 535.37

CENTERS OF GREEN-YELLOW AND RED LUMINESCENCE IN CRYSTALS OF CADMIUM IODIDE

M.M. Rudka

*Lviv Polytechnic National University
79013, Lviv, 12 S. Bandera str. 12
e-mail: mrudpolynet.lviv.ua*

Shown that the dominant centers of luminescence in layered crystals CdJ_2 is associated donor-acceptor (DA) complexes of point defects within the cation vacancy and interstitial cadmium. Layered structure of a crystal leads to two different types of such of their DA pairs: "cationic vacancy – Interstitial cadmium in the structural layer"; "cationic vacancy – Interstitial cadmium between the layers". Possible and their association in a complex type $(Cd_i^0 - V_{Cd}^- - Cd_i^+)$. Wavelength position and duration of donor-acceptor luminescence are determined by the energy parameters of the emission centers and rate localization of these non-equilibrium genetic electron-hole pairs.

Keywords: layered crystals, donor-acceptor luminescence, genetic electron-hole pair.

PACS: 72.40.+w

УДК: 535.37