

УДК 535.37, 535.341, 544.034, 533.951
PACS 71.35.Cc, 78.55.-m, 71.45.Gm, 66.10.Cb, 66.30.Jt

ПЛАЗМОННЕ ПОГЛИНАННЯ ТА ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЯ ГЕТЕРОСТРУКТУР $Ag - CdI_2$

І. Болеста, С. Вельгош, О. Кушнір, В. Лесівців,
І. Ровецький

*Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Тарнавського, 107, 79017 Львів, Україна
e-mail: Alex.Kuschnir@gmail.com*

Досліджено спектри поглинання та люмінесценції гетероструктури $Ag - CdI_2$, які отримувалися при напиленні металічної плівки срібла на базисні поверхні (0001) кристалів йодистого кадмію. В спектрах поглинання таких структур виявлено складну смугу з максимумом при ~ 500 нм, яка зумовлена поверхневим плазмонним резонансом (ППР) у наночастинках срібла, які формуються при напиленні металу на поверхню кристала. З аналізу структури смуги ППР встановлено, що форма наночастинок є дископодібною із співвідношенням осей $c/a = 1,43$, більша вісь c яких лежить у площині кристалу. У спектрах люмінесценції $Ag - CdI_2$ виникає нова смуга свічення з максимумом при ~ 680 нм, інтенсивність якої $I(t)$ зростає з часом, що минув від напилення металу. Залежність $I(t)$ відображає зростання концентрації центрів свічення внаслідок дифузії срібла в матрицю CdI_2 , а з порівняння експериментально виміряної та розрахованої залежностей $I(t)$ встановлено значення коефіцієнта дифузії $D = 3,2 \cdot 10^{-9}$ см²/с.

Ключові слова: гетероструктури $Ag - CdI_2$, спектри поглинання, поверхневий плазмонний резонанс, люмінесценція, загасання люмінесценції, коефіцієнт дифузії

1 Вступ

При напиленні тонких шарів галогенідів металів на металічні підкладки отримуються гетероструктури $Me-VX_2$, ($Me = Cu, Au, Ag, B = Pb, Cd$), які мають високу чутливість до електромагнітного випромінювання. Вона зумовлена фотохімічними перетвореннями, які протікають в таких системах під дією світла. Тому вивчення іонних та електронних процесів, які протікають у фото чутливих середовищах при їхньому опроміненні світлом з області власного поглинання галогенідів металів, має важливе значення як з наукової, так і з практичної точок зору [1, 2]. Найповніше

електронні та іонні процеси досліджені у системах, отриманих при напыленні йодиду свинцю на мідні та срібні підкладки [1–3].

Кристали йодистого кадмію належать до сімейства сполук з шаруватою структурою, яка описується щільною укладкою атомів йоду у половині октаедричних порожнин якої шарами розташовані атоми кадмію. Взаємодія атомів кадмію з атомами йоду приводить до утворення потрійних шарів $\dots I-Cd-I \dots$, всередині яких існують іонно-ковалентні зв'язки, енергія яких, що оцінена за величиною енергії дисоціації зв'язку $Cd-I$, становить 50 ккал/моль [4]. Сусідні шари зв'язані між собою відносно слабкими ван-дер-Ваальсовими силами, так що анізотропія зил зв'язку $Cd-I/I-I$ становить ~ 125 [4], що обумовлює ідеальну спайність CdI_2 уздовж базисних площин (0001).

Елементарна комірка $4H$ -політипу CdI_2 містить два потрійних шари $I-Cd-I$, у яких є незаповненими одна октаедрична та дві тетраедричні порожнини. Крім того, у ван-дер-Ваальсовій щільності цієї структури існують дві октаедричні та чотири тетраедричні порожнини з координатами $(0, 0, c/4)$, $(a\sqrt{3}/6, 0, 3c/4)$ та $(a\sqrt{3}/6, a/2, 0.184c)$, $(a\sqrt{3}/6, a/2, 0.684c)$, $(0, 0, 0.816c)$, $(0, 0, 0.816c)$, де $a = 0,424$ нм, $c = 1,368$ нм – параметри елементарної комірки.

В даній роботі досліджуються електронні та іонні процеси, які протікають у гетероструктурах $Ag-CdI_2$. Існування вільних порожнин свідчить про те, що структура шаруватих кристалів CdI_2 є доволі розпушуючою, а отже сприяє дифузії атомів у об'єм кристала, а оскільки гетероструктури $Ag-CdI_2$ практично не досліджені, вони стали об'єктом даного дослідження.

2 Експериментальна частина

Гетероструктури $Ag-CdI_2$ були отримані термічним осадженням плівки металічного срібла товщиною ~ 100 нм на свіжосколоті поверхні (0001) кристалічних пластин CdI_2 товщина яких становила $\sim 0,5 \dots 1,0$ мм.

Спектри поглинання $Ag-CdI_2$ вимірювалися за допомогою спектрофотометра Specord M40 безпосередньо після напылення плівки, а також після витримання зразків $Ag-CdI_2$ в темноті при кімнатній температурі протягом певного часу.

Спектри люмінесценції вимірювалися на установці, змонтованій на базі КСВУ –23. Збудження люмінесценції здійснювалось азотним лазером ЛГИ-21, енергія фотонів якого становить 3,68 еВ що є більшим за ширину забороненої зони CdI_2 (3,3 еВ при 290 К).

Мікроскопічні дослідження проводилися на металографічному мікроскопі МУМ – 3 у відбитому та люмінесцентному світлі з реєстрацією зображення цифровою камерою. В останньому випадку структура $Ag-CdI_2$ опромінювалася з боку металу азотним лазером через фільтр УФС – 6, так що в об'єктив попадало тільки люмінесцентне випромінювання, яке виділялося фільтром КС – 6.

На рис.1 зображені поверхні $Ag-CdI_2$ у звичайному та люмінесцентному світлі. Результати мікроскопічних досліджень гетероструктур $Ag-CdI_2$ вказують на те, що атоми металу локалізуються, головню, в місцях, пов'язаних з дефектами поверхні кристала: сходинках, пов'язаних з обривом потрійних шарів, сходинках росту, виходах дислокацій, ямках, тощо, які завжди існують на поверхні [5–8]. Такий розподіл

металу пояснюється зі здатністю срібла коагулювати в тонких шарах, в результаті чого на початкових стадіях напилення утворюється система дискретних наночастинок, яка в подальшому покривається суцільною плівкою металу.

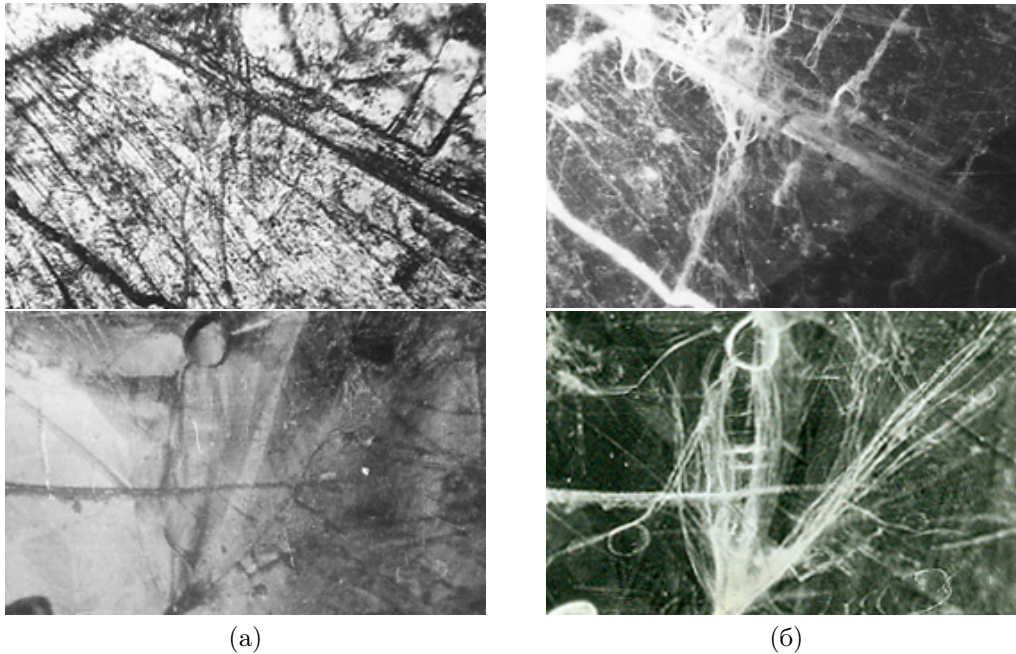


Рис. 1: Мікроскопічне зображення поверхні $Ag-CdI_2$ у звичайному (а) та люмінесцентному світлі (б).

На рис. 2, а наведений спектр поглинання гетероструктури $Ag - CdI_2$, який вимірюний відразу після напилення плівки металу. Видно, що нанесення плівки срібла зумовлює появу широкої смуги з максимумом в області ~ 500 нм, а також суттєвий ріст фонового поглинання у всій спектральній області.

На рис. 2, б наведені різницевий спектр $Ag - CdI_2$ відносно CdI_2 (враховуючи фонове поглинання), з якого видно, що додаткова смуга, зумовлена напиленням срібла, є складною, і містить принаймні дві компоненти. З врахуванням літературних даних, ця смуга пов'язана з поверхневим плазмонним резонансом у наночастинках срібла, які формуються при напиленні металу на поверхню кристала [9]. Його природа зумовлена тим, що під дією зовнішнього випромінювання, електрони провідності у наночастинках срібла зміщуються відносно нерухомого позитивно зарядженого іонного остова. Це зміщення носить колективний характер, при якому рух електронів є узгодженим по фазі. Він реалізується у випадку, якщо радіус частинки R є меншим від довжини вільного пробігу l електронів: $R < l$.

Відповідно до симетрії просторового розподілу заряду колективний рух електронів може представлятися коливанням окремих плазмонних мод, частоти яких визначаються співвідношенням

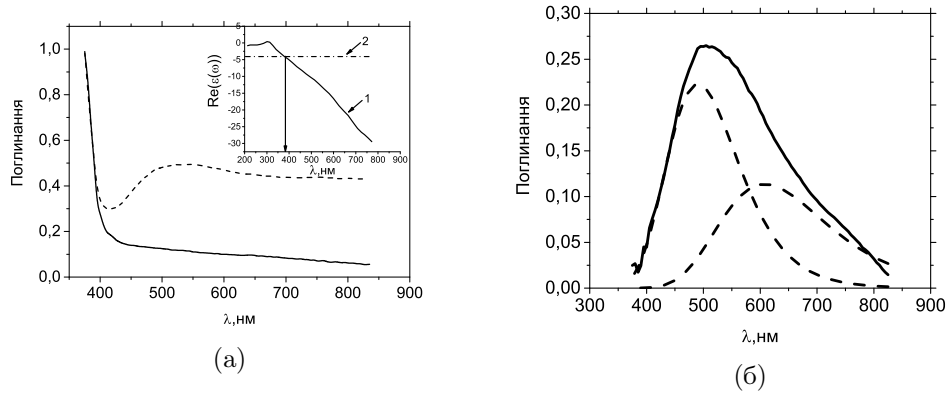


Рис. 2: Спектри екстинції структури $Ag-CdI_2$. Для порівняння наведено спектр поглинання кристала перед напленням плівки металу (а). На вставці: графічний розв'язок рівняння (2) для $Ag-CdI_2$; крива 1 — спектральна залежність дійсної частини ϵ срібла, взята з [10]. Крива 2 описує спектральну залежність величини $-2n_m^2 = -2\epsilon_m$. Розклад смуги поглинання на дві складові (б).

$$\omega_l = \frac{\omega_p}{\sqrt{1 + \frac{l+1}{l}\epsilon_m}}, \quad (1)$$

де ϵ_m — діелектрична проникність середовища навколо частинки, $\omega_p = \sqrt{\frac{4\pi n e^2}{m_e}}$ — плазмонна частота, ($\omega_p = 9,28$ eV для Ag), $l = 1, 2, 3, \dots$ визначає тип моди.

Спектральне положення максимумів ППР для металічної наночастинки у діелектричному середовищі визначається з умови рівності нулеві знаменника виразу (1), що описує частоти поверхневих плазмонних мод. Для дипольних коливань ($l = 1$) отримується так звана умова Фр'юліха [11]:

$$Re[\epsilon(\omega)] = -2\epsilon_m \quad (2)$$

де $\epsilon(\omega) = \epsilon_1 + i\epsilon_2$ — комплексна діелектрична проникність срібла. $\epsilon_m = n_m^2$ — діелектрична проникність середовища, що оточує наночастинку.

Очевидно, що у досліджуваних системах наночастинка срібла контактує з повітрям та йодистим кадмієм. У найпростішому випадку структуру "повітря - метал - йодистий кадмій" можна розглядати у вигляді плоско паралельних шарів, межі поділу якої є паралельними до вектора \vec{E} світлової хвилі. Для такого випадку ефективна діелектрична проникність записується у виді [12]:

$$\epsilon_m = \epsilon_{m1}(1 - f) + \epsilon_{m2}f, \quad (3)$$

де f — ступінь вкладу діелектричної проникності середовища над підкладкою у ϵ_m . Якщо прийняти $f = 0,5$, то значення ефективної діелектричної проникності становитиме $\epsilon = n_m^2 = 4,5$.

З графічного розв'язку рівняння 2 (вставка на рис.2, а) випливає, що максимум смуги ППР для гетероструктури $Ag - CdI_2$ повинен спостерігатися в області ~ 390 нм.

Розбіжність між експериментальним та оціненим за формулою (2) положенням максимуму смуги ППР може бути пов'язана з рядом факторів. Перш за все, значення дійсної частини діелектричної проникності метала зростає за модулем при переході від масивного зразка до нанорозмірних частинок внаслідок включення в коефіцієнт загасання розсіяння носіїв на поверхні наночастинок [11], яка зумовлюватиме зміщення максимуму смуги у довгохвильову область.

Інша важлива причина може бути зумовлена відхиленням форми наночастинок від сферичної. У найпростішому випадку сфероїдальної форми наночастинок спостерігається розщеплення смуги ППР на дві складові: поздовжню та поперечну плазмонні моди [9]. У великих за розмірами наночастинок можливе збудження мультипольних (а не тільки дипольних) мод [13], а електродинамічна взаємодія між частинками, якщо відстань між ними є співмірною з їхніми розмірами [14], також може зумовлювати довгохвильове зміщення смуги поверхневого плазмонного резонансу.

У випадку гетероструктур $Ag - CdI_2$ ми вважаємо, що основна причина неспівпадіння максимумів пов'язана з відхиленням форми наночастинок від сферичної. На це вказує існування принаймі двох смуг з максимумами при 491 та 608 нм, які можна інтерпретувати як поздовжню та поперечну моди сфероїда (рис.2, б).

В електростатичному наближенні за методикою [15] оцінено співвідношення осей еліпсоїда, яке становить 1,43, якщо $c > a$. Отже, наночастинки срібла мають форму плоских дисків, більша вісь яких лежить в площині кристалу.

У спектрах люмінесценції структури $Ag - CdI_2$ виникає нова смуга у червоній області спектра з максимумом при 680 нм (рис.3). Аналіз зображень поверхні $Ag - CdI_2$ отриманих у звичайному та люмінесцентному світлі свідчать, що темні місця, які обумовлені локалізацією срібла на неоднорідностях поверхні у звичайному освітленні стають світлими в люмінесцентному (рис.1, б). Цей результат свідчить про зв'язок червоної люмінесценції $Ag - CdI_2$ з наявністю срібла та про переважну локалізацію центрів свічення на границі розділу фаз Ag та CdI_2 .

Довгохвильове свічення структур $Ag - CdI_2$ реєструється тільки при їх збудженні збоку металу, а при опроміненні з протилежного боку спектр люмінесценції співпадає зі спектром чистого CdI_2 . Це свідчить про локалізацію центрів випромінювання в приповерхневій області кристала, що є в контакті з металом.

Ці дані свідчать про те, що центри люмінесценції, які зумовлюють свічення $Ag - CdI_2$ у довгохвильовій області, формуються в наслідок дифузії атомів срібла у матрицю CdI_2 . Локалізація атомів металу у тетраедричних порожнинах Ван-дер-Ваальсівських щільних та виникнення лінійного зв'язку з іонами йоду зумовлюватимуть формування центрів типу $[Ag^+I_4^-]^{3-}$ [16].

Встановлено, що інтенсивність свічення $Ag - CdI_2$ в довгохвильовій області зростає з часом, що минув після напилення металу в межах до ~ 70 год, а при $t > 70$ год інтенсивність свічення досягає насичення. В часовій залежності інтенсивності виявлено дві стадії, які описуються степеневими залежностями $I \sim t^n$ з показниками $n = 0, 2, 0, 3$ та $n = 0, 5$ відповідно (рис.4).

Часова залежність інтенсивності цього випромінювання пов'язана зі зростанням

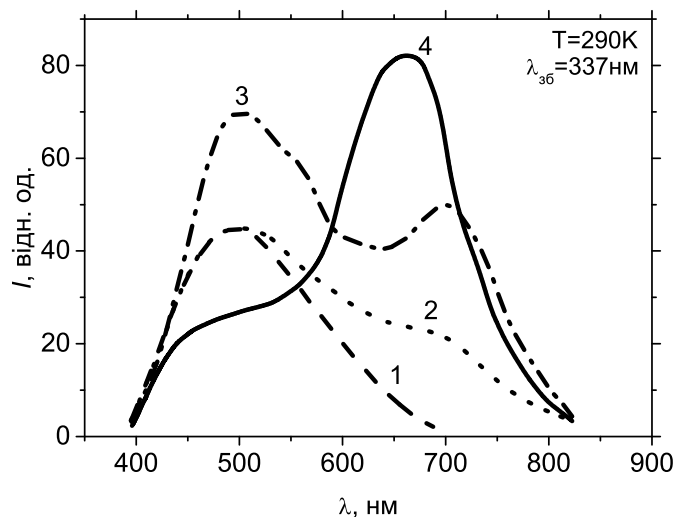


Рис. 3: Спектри люмінесценції кристалів CdI_2 (крива 1) та гетероструктур $Ag-CdI_2$ (криві 2-4), виміряні через 1 год. (крива 2), 20 год. (крива 3) та 70 год. (крива 4) після напилення плівки металу.

концентрації центрів свічення внаслідок дифузії срібла в CdI_2 , який описується законом Фіка:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{d}{dx} \left(D \frac{dC}{dx} \right), \quad (4)$$

де C — концентрація дифундуючих іонів, x — дифузійна віддаль, D — коефіцієнт дифузії.

В моделі постійної поверхневої концентрації срібла C_{surf} , розв'язок рівняння (1) запишеться у виді [16]:

$$C(x, t) = C_0 + C_{surf} \left[1 - \operatorname{Erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \right] \quad (5)$$

або

$$\frac{C(x, t) - C_0}{C_{surf}} = 1 - \operatorname{Erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right), \quad (6)$$

де C_0 — початкова концентрація срібла в CdI_2 , t — час дифузії і

$$\operatorname{Erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \exp(-z^2) dz. \quad (7)$$

Оскільки інтенсивність випромінювання є прямо пропорційною до концентрації центрів свічення, то з рівняння (6) випливає, що часова залежність інтенсивності

довгохвильової люмінесценції $Ag - CdI_2$ описується співвідношенням:

$$I(t) \sim 1 - \operatorname{Erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right). \quad (8)$$

Апроксимуючи експериментально отриману залежність $I(t)$ співвідношенням (8), можна визначити коефіцієнт дифузії D срібла у матрицю кристала, за умови що відома дифузійна віддаль x .

Для визначення дифузійної віддалі x використовувався факт, що довгохвильова люмінесценція $Ag - CdI_2$ спостерігається тільки при збудженні структури з боку металу, а при збудженні з боку кристала люмінесценція $Ag - CdI_2$ співпадає з власним свіченням CdI_2 . Ці дані вказують на те, що проміжна область, де існують центри свічення $[Ag^+I_4^-]^{3-}$ не збуджуються з боку кристала внаслідок повного поглинання збуджуючого світла матрицею. В процесі поступового сколювання кристалів CdI_2 по базисних площинах було виявлено, що довгохвильове свічення структури $Ag - CdI_2$ при збудженні з боку кристала з'являється при товщині зразків, $0,20 \pm 0,05$ мм. Саме таку товщину ($x = 0,2$ мм), при якій спостерігається свічення в області 680 нм при збудженні з боку кристала, було визначено як дифузійну віддаль проникнення іонів срібла в матрицю CdI_2 упродовж 70-ти годин.

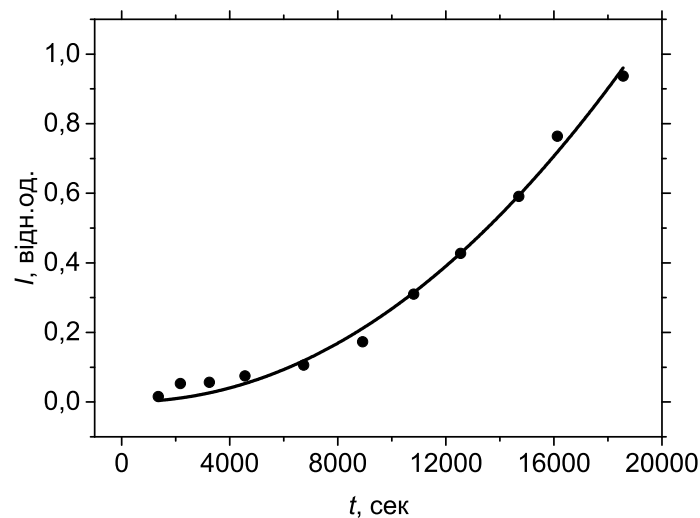


Рис. 4: Часова залежність інтенсивності світіння гетероструктури $Ag - CdI_2$, точки – експериментальні дані, суцільна крива – апроксимація виразом 8.

Порівняння теоретично розрахованих (рис. 4, суцільна крива) та експериментально отриманих (рис. 4, точки) залежностей інтегральної інтенсивності світіння $I(t)$ показує, що найкраще співпадіння досягається при $D = 3,2 \times 10^{-9}$ см²/сек. Оскільки дифузійна відстань визначена з певною похибкою, то нами оцінено значення коефіцієнта дифузії срібла в матрицю CdI_2 $D = (3,0 \pm 0,5) \times 10^{-9}$ см²/сек.

Отримане значення D є меншим ніж в інших галогенідах [1, 2] і характеризує „темнову” дифузію срібла в кристалі CdI_2 . Встановлено, що зона-зонні випромінювальні переходи спричиняють зростання швидкості цих процесів приблизно в 100 раз [1, 2]. Цей ефект вказує на існування біполярного механізму дифузії срібла в CdI_2 : для забезпечення електронейтральності дифузію іонів Ag^+ повинен компенсувати протилежно напрямлений рух електронів e^- . Отже процес дифузії срібла в кристалах CdI_2 повинен описуватись коефіцієнтом біполярної дифузії:

$$D_{amb} = \frac{\sigma_i D_e + \sigma_e D_i}{\sigma_i + \sigma_e}, \quad (9)$$

де σ_i, σ_e – іонна та електронна провідності, D_i, D_e – коефіцієнти іонної та електронної дифузії, відповідно.

Враховуючи, що для кристалів CdI_2 $\sigma_i \gg \sigma_e$ [17], з рівняння (9) слідує, що $D_{amb} \approx D_e$. Тобто наведене вище значення коефіцієнта дифузії визначається, в першу чергу, електронною складовою. Порівняно мале значення цього коефіцієнту може бути пов'язане з існуванням статичних диполів „локалізований електрон e^- – іон Ag^+ ”, які виникають внаслідок захоплення електронів на глибоких рівнях кристалу CdI_2 і блокують рух іонів Ag^+ в об'єм кристалу.

Висновки

При дослідженні гетеросистеми $Ag - CdI_2$, що отримані при напиленні металічної плівки срібла на базисні поверхні CdI_2 , виявлено складну смугу у спектрах поглинання з максимумом при ~ 500 нм. Ця смуга зумовлена поверхневим плазмонним резонансом у наночастинках срібла, які формуються при напиленні металу на поверхню кристала. Як показав аналіз структури смуги ППР форма наночастинок срібла є дископодібною, а співвідношення головних осей $c/a = 1,43$ і $c > a$.

В спектрах люмінесценції $Ag - CdI_2$ виникає нова смуга свічення з максимумом при ~ 680 нм. Інтенсивність цієї смуги $I(t)$ зростає з часом та апроксимується спепеневими функціями. Ця залежність пов'язана зі зростанням концентрації центрів свічення внаслідок дифузії срібла в матрицю CdI_2 із коефіцієнтом дифузії $D = 3,2 \cdot 10^{-9}$ см²/с, що визначен з порівняння експериментально виміряної та розрахованої залежностей $I(t)$.

Список використаної літератури

1. Костышин М.Т. Эффект фотографической чувствительности системы тонких слоев полупроводника и металла, или стимулированная излучением диффузия // Физические основы полупроводниковой электроники. – К.: Наук. думка, 1985. – С. 192–200.
2. Индутный И.З. Фотостимулированные воздействия в структурах металл-полупроводник / И.З.Индутный, М.Т.Костышин, О.П.Касярум и др. – К.: Наук. думка, 1992. – 240 с.

3. *Еремін Л.П.* Фотолиз галогенидов свинца и фотографические процессы. – Томск: Изд-во при Томск. ун-те, 1989. – 192 с.
4. *Liu Q.-J.* Calculations of structural, elastic, electronic, and optical properties of trigonal CdI_2 / Q.-J. Liu, Z.-T. Liu, L.-P. Feng // *Phys. Status Solidi*. – 2011. – Vol. 248. – P. 1629–1633.
5. *Singh R.* Some novel results of scanning tunneling microscopy (STM) study of cadmium iodide crystals / R. Singh, S. Samanta, A. Narlikar, G. Trigunayat // *Journal of Crystal Growth*. – 1999. – Vol. 204. – P. 233-237.
6. *Singh R.* A combined optical, SEM and STM study of growth spirals on the polytypic cadmium iodide crystals / R. Singh, S. Samanta, A. Narlikar, G. Trigunayat // *Bull. Mater. Sci.* – 2000. – Vol. 23, № 2. – P. 131-133.
7. *Kumar B.* Micromorphology of pure and PbI_2 -doped CdI_2 dendritic single crystals / B. Kumar, N. Sinha // *Cryst. Res. Technol.* – 2005. – Vol. 40, N9. – P. 887–892.
8. *Cui N. Y.* An exploratory study of the topography of a CdI_2 single crystal using AFM / N. Y. Cui, M. D. Brown, A. McKinley // *Applied Surface Science*. – 1999. – Vol. 152. – P. 266–270.
9. *Климов В.В.* Наноплазмоника / В.В. Климов. – Москва: Физматлит, 2010. – 480 с.
10. *Johnson P.B.* Optical constants of the noble metals / P.B. Johnson, R.W. Christy. // *Phys. Rev. B*. – 1972. – Vol. 6. – P. 4370–4379.
11. *Maier S.A.* Plasmonics: Fundamentals and Applications / S.A. Maier. – New York: Springer, 2007, – 286 p. – 296 с.
12. *Венгер Є.Ф.* Оптика малих частинок і дисперсних середовищ / Є.Ф. Венгер, А.В. Гончаренко, Л.М. Дмитрук. – Київ: Наукова думка, 1999. – 348 с.
13. *Garcia M.A.* Surface plasmons in metallic nanoparticles: fundamentals and applications / M.A. Garcia // *J. Phys. D: Appl. Phys.* – 2011. – Vol. 44. – 283001 (20 pp).
14. *Kreibig U.* Optical properties of metal clusters / U. Kreibig, M. Vollmer. – Berlin: Springer-Verlag, 1995, – 532 p.
15. *Bolesta I.M.* AFM microscopy and optical studies for the shape of particles in ultrathin silver films / I.M. Bolesta, O.O. Kushnir // *Ukr. J. Phys. Opt.* – 2012. – Vol. 13. – P. 165–170.
16. *Bolesta I.M.* The Luminescence of Metal-Cadmium Iodide Heterostructures / I.M. Bolesta, I.V. Kityk, V.I. Kovalisko, O.G. Syrbu // *Phys. Stat. Sol (a)*. – 1995. – Vol. 147. – P. K53–K56.
17. *Лыскович А.Б.* Широкозонные слоистые кристаллы и их физические свойства / А.Б. Лыскович, Н.К. Глосковская, О.Б. Кушнір, И.М. Болеста, В.Е. Гончарук, В.О. Бондарь, Н.В. Бялик. – Львов: Вища шк., 1982. – 148 с.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2015
прийнята до друку 15.09.2015

**PLASMONIC ABSORBANCE AND LUMINESCENCE OF THE
 $Ag - CdI_2$ HETEROSTRUCTURES****I. Bolesta, S. Velgosh, A. Kushnir, V. Lesivtsiv, I. Rovetsky***Ivan Franko National University of Lviv
Tarnavskogo St., 107, 79017 Lviv, Ukraine
e-mail: email@mail.com*

The paper deals with investigation of absorption and luminescence spectra of $Ag - CdI_2$ heterostructures. It was shown, that the evaporation of silver film onto the basal surface of CdI_2 crystals (0001) causes the appearance of additional complex absorption band with maximum at 500 nm and long-wave luminescence with maximum at 680 nm. Spectral parameters of absorption band give evidence to consider surface plasmon resonance (SPR) the absorption origin. An analysis of the SPR band structure found that nanoparticles have a disk-shaped form, and the ratio of the axes $c/a = 1.43$. The major axis of a disc lies in the crystal surface. The intensity of long-wave emission varies strongly with the time, passed after the deposition of the silver film onto CdI_2 . The $I(t)$ dependence of $Ag - CdI_2$ shows the existence rise with power dependence, that shown the diffusion mechanism of increasing of emission centers. Calculate the diffusion coefficient is $D = 3.2 \cdot 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$.

Key words: heterostructures of $Ag - CdI_2$, absorption spectra, surface plasmon resonance, luminescence, luminescence decay, diffusion coefficient

ПЛАЗМОННОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ГЕТЕОСТРУКТУР $Ag - CdI_2$

**І. Болеста, С. Вельгош, А. Кушнір, В. Лесивців, І.
Ровецький**

*Львівський національний університет імені Івана Франко
ул. Тарнавського 107, 79017 Львов, Україна
e-mail: tdemkiv@gmail.com*

Исследованы спектры поглощения и люминесценции гетероструктуры $Ag - CdI_2$, которые получались при напылении металлической пленки серебра на базисные поверхности (0001) кристаллов йодистого кадмия. В спектрах поглощения таких структур выявлена сложная полоса с максимумом при ~ 500 нм, которая обусловленная поверхностным плазмонным резонансом (ППР) в наночастицах серебра, которые формируются при напылении металла на поверхность кристалла. Из анализа структуры полосы ППР установлено, что форма наночастиц дискообразна, а соотношением осей дисков $c/a = 1,43$. Большая ось c лежит в плоскости кристалла. В спектрах люминесценции $Ag - CdI_2$ возникает новая полоса свечения с максимумом при ~ 680 нм, интенсивность которой $I(t)$ возрастает со временем, прошедшим после напыления металла. Зависимость $I(t)$ отражает рост концентрации центров свечения в результате диффузии серебра в матрицу CdI_2 , а из сравнения экспериментально измеренной и рассчитанной зависимостей $I(t)$ установлено значение коэффициента диффузии $D = 3,2 \cdot 10^{-9}$ см²/с.

Ключевые слова: гетероструктуры $Ag - CdI_2$, спектры поглощения, поверхностный плазмонный резонанс, люминесценция, затухание люминесценции, коэффициент диффузии