

© 1999 р. В.П. Махній, М.М. Сльотов, Б.М. Собіщанський,
Ю.Я. Чабан, Я.І. Халус

Чернівецький державний університет ім.Ю.Федьковича, Чернівці

ВПЛИВ ІЗОВАЛЕНТНОЇ ДОМІШКИ Mg НА ФОТОЛЮМІНЕСЦЕНЦІЮ КРИСТАЛІВ ZnSe

Досліджена фотолюмінесценція кристалів селеніду цинку, легованих шляхом дифузії у закритому об'ємі при різних співвідношеннях наважок Zn та Mg. Установлені умови, при яких низькоенергетичну смугу повністю відсутня, а дифузійні шари мають більш високу електронну провідність ніж вихідні підкладинки.

The photoluminescence of the crystals zinc selenide, doping by close-volume diffusion at various correlation impurities of Zn and Mg, have been investigated. It is established of the conditions by absolute absent low-energy band of diffusions layers and theirs more high electronic conductivity then initial substrates.

Селенід цинку продовжує залишатись одним з найбільш перспективних напівпровідників для виготовлення блакитних інжекційних світлодіодів [1]. Однак свіжовирощені об'ємні кристали ZnSe при кімнатних температурах завжди мають у спектрах люмінесценції оранжеву смугу. Вона зумовлена випромінюванням за участю донорно-акцепторних пар (ДАП), до складу яких входять власні дефекти ґратки; двозарядні від'ємні вакансії цинку V_{Zn}'' (акцептори) [2] й однозарядні додатні вакансії селену V_{Se}^{\bullet} (донори) [2]. У зв'язку з цим однією з проблем є пошук технологічних методів, які б приводили до зменшення концентрації зазначених дефектів, особливо глибоких акцепторів V_{Zn}'' ($E_a \approx 1,2$ еВ [3]). У кристалах n -ZnSe це частково досягається довготривалим (сотні годин) відпалом зразків у рідкому Zn [2]. Для більш ефективного заліковування вакансій цинку можна використати елемент тієї ж групи, так звану ізовалентну домішку. Так, зокрема, дослідження показали, що легування кристалів ZnSe атомами Cd при певних умовах приводить до значного підсилення зелено-блакитної смуги люмінесценції [4]. У даній роботі наведені результати досліджень випромінювальної рекомбінації кристалів ZnSe, легованих ізовалентною домішкою Mg.

Вихідні кристали вирощені з розплаву під тиском інертного газу і в процесі росту спеціально не легувались. У області кімнатних температур вони мали слабку ($\sim 10^{-10} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$) електронну

провідність. Підкладинки типорозміром $4 \times 4 \times 1$ мм³ завантажувались разом з наважками Mg:Zn (у різних пропорціях) у кварцові ампули, які відкачувались до 10^{-4} Торр і запаювались. Потім вони відпалювались в ізотермічних умовах при 1100 К на протязі 5 годин. Відпалені зразки вилучались з ампул і використовувались для подальших досліджень. Фотолюмінесценція (ФЛ) збуджувалась азотним лазером з довжиною хвилі 0,337 мкм, а спектри вимірювались у режимі автоматичного запису на установці, яка вміщує дифракційний монохроматор МДР-23 і стандартну систему синхродетектування. Спектри ФЛ побудовані з урахуванням апаратної функції установки і наведені у координатах: кількість фотонів в одиничному інтервалі енергій N_{ω} - енергія фотонів $\hbar\omega$.

ФЛ вихідних кристалів характеризується двома смугами, крива 1 на рис.1. Широка асиметрична низькоенергетична смуга з максимумом при $\hbar\omega_m \approx 1,97$ еВ, як уже відзначалось, зумовлена рекомбінацією за участю ДАП [2,4].

Крайове випромінювання з $\hbar\omega_m \approx 2,68$ еВ викликає рекомбінацією вільних дірок з електронами, які зв'язані на мілких ($E_d \approx 10-20$ меВ) донорних рівнів, утворених V_{Se} [2]. Відзначимо, що зменшення рівня збудження L на два порядки приводить практично до повного гасіння крайової смуги і у спектрі ФЛ залишається тільки оранжева смуга. Зовсім інший ефект викликає

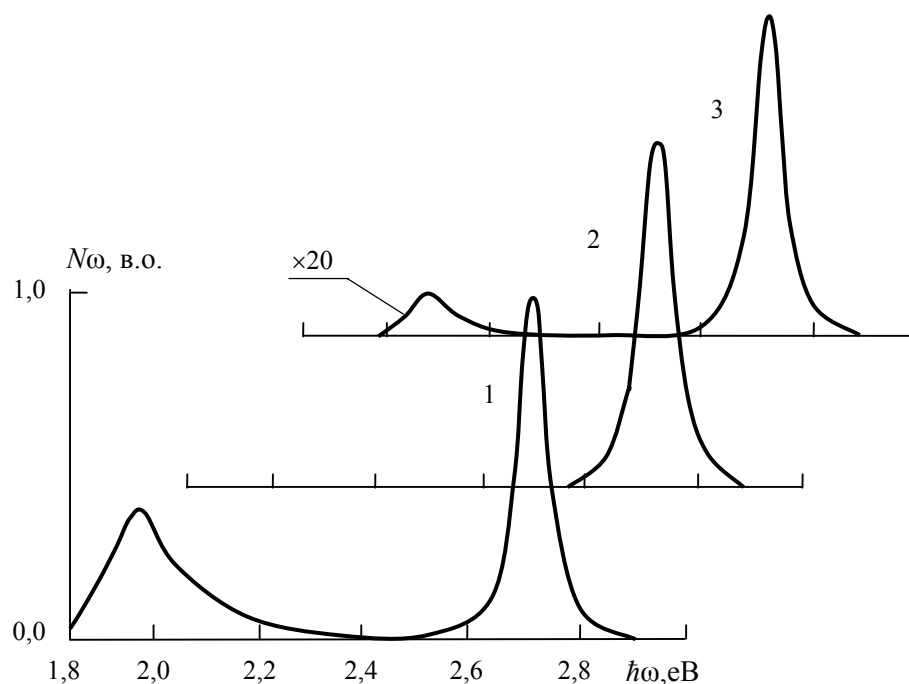


Рис. 1. Спектри ФЛ кристалів ZnSe, легованих Zn:Mg у співвідношенні: 0:0 (1), 0,5:0,5 (2) і 0:1 (3).

легування вихідних зразків Zn:Mg. Результати досліджень залежності інтенсивностей крайової I_K та оранжевої I_O смуг від умов відпалу наведені у таблиці 1. Зауважимо, що вимірювання проведені при максимальному рівні збудження, який складав $\sim 10^{18}$ фот./с.

При зменшенні L у кристалах, які містять Mg, залежність $I_O(L)$ більш різка, ніж $I_K(L)$. Цим вони суттєво відрізняються від вихідних зразків, а також кристалів, легованих тільки Zn. Крім того, як видно з даних рис.1 та таблиці 1, можливі умови, при яких низькоенергетична смуга повністю відсутня навіть при найбільших рівнях збудження. Крім того, такі кристали мають помітно вищу електронну провідність, ніж вихідні. Це, у принципі, дозволяє використовувати їх для створення структур метал-напівпровідник і метал-діелектрик-напівпровідник, які випромінюють у блакитній області спектра. На завершення зазначимо, що максимум крайової смуги кристалів, які містять тільки Mg, знаходиться при $\hbar\omega_m \approx 2,75$ eV, що перевищує ширину забороненої зони ZnSe [1]. Цей факт свідчить про утворення твердих розчинів $Zn_xMg_{1-x}Se$, вивчення яких виходить за рамки даної роботи і потребує окремих досліджень.

Таблиця 1. Залежності інтенсивностей смуг ФЛ зразків від співвідношення Zn та Mg.

Наважка Zn:Mg	0:0	1:0	0,5:0,5	0,1:0,9	0:1
I_K , в.о.	15	100	60	160	35
I_O , в.о.	5	2	0	0	1

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Георгобиани А. Н., Котляревский М. Б. Проблемы создания инжекционных светодиодов на основе широкозонных полупроводниковых соединений A^2B^6 // Изв. АН СССР. Сер. Физич. - 1985. - **49**, №10. - С.1916-1922.
2. Недеогло Д. Д., Симашикевич А.В. Электрические и люминесцентные свойства селенида цинка. - Кишинев: Штиинца, 1984.
3. Физика соединений A^2B^6 / Под ред. А.Н.Георгобиани и М.К.Шейнкмана. - М.: Наука, 1986.
4. Березовский М.М., Махний В.П., Слетов М.М. Влияние изовалентной примеси Cd на фотoluminesценцию кристаллов ZnSe // ЖПС. - 1995. - **62**, №4. - С.109-113.