НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ФІЗИКИ НАПІВПРОВІДНИКІВ

На правах рукопису

ЛАВРИНЕНКО Ніна Юріївна

ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДИФОСФІДІВ ЦИНКУ І КАДМІЮ ПРИ РІЗНИХ СТАНАХ ОБ'ЄМУ І ПОВЕРХНІ

Спеціальність 01.04.07 — фізика твердого тіла

Автореферат
дисертації на здобуття наукового
ступеня кандидата
фізико-математичних наук

КИЇВ — 1995 р.

ЛННБ України ім.В.Стефаника
00754912 (S)
АВ 33.619

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Київському інституті Сухопутних військ МО України і інституті фізики НАН України.

Науковий керівник: доктор фізико-математичник наук, професор ЗУЄВ Володимир Олексійович

Науковий консультант: кандидат фізико-математичних наук МАНЖАРА Віктор Степанович

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичник наук, професор ГНАТЕНКО Юрій Павлович

кандидат фізико-математичних наук КЛЮЙ Микола Іванович

Провідна організація: Київський державний університет.

Захист відбудеться « 22 » грудня 1995 р. о « 14[15] » годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К.50.07.02 при інституті фізики напівпровідників НАН України за адресою:
252650, Київ-28, проспект Науки, 45.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці інституту фізики напівпровідників НАН України.

Автореферат розісланий « 21 » 12 1995 р.

Вчений секретар спеціалізованої ради
кандидат фізико-математичних наук

Г. Ю. РУДЬКО

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність і ступінь дослідженості тематики дисертації. Кристали дифосфіда цинку і кадмію останнім часом привертають все більшу увагу дослідників, що зумовлено особливістю їх структури. Теоретичні розрахунки ряду авторів показали, що для цих речовин симетрія фрагментів з сильним зв'язком аніон-катіон (фосфорні згрупування) нижча, ніж симетрії усього кристалу. В результаті можуть утворюватись ідентичні по симетрії, але трансляційно-нееквівалентні шарові пакети (ШП), які слабо пов'язані між собою і довгоперіодичні одномірні модульовані структури типу простої спіралі (SS), т.т. поперечні або повздовжні спінові хвилі (солітонні решітки).

Слабкість зв'язку між ШП може приводити до політипії і полегшеності фазово-структурних перетворень в об'ємі і на поверхні.

Науковий інтерес до кристалів A_2B_5 підсилюється широкими можливостями їх практичного використання. Мається на увазі підвищена фоточутливість структур з природньою надграткою, яка важлива для розробки фоторезисторів і сонячних фотоелементів. Перспективне також використання електричної і оптичної бістабільності кристалів A_2B_5 у надвисокочастотних пристроях і комп'ютерній техніці.

Фазові переходи (типу сумірна-несумірна фаза) у кристалах дифосфідів цинку і кадмію були вивчені у багатьох роботах з використанням рентгенографічних методів, ультразвуку, при дослідженні теплоємності і т.д.

Був виконаний також ряд відповідних теоретичних досліджень. Але, до початку даної роботи, не був вивченим вплив фазових переходів (ФП) на оптичні властивості ZnP_2 і CdP_2. Не проводились також дослідження по керуванню ФП за допомогою зовнішніх впливів. Недостатньо вивчено вплив поверхні на оптичні характеристики цих кристалів. В зв'язку з вищенаданим, постановка даної

роботи, яка присвячена вивченню фазово-структурних перетворень в об'ємі і на поверхні оптичними методами, являється актуальною.

Мета та основні задачі роботи полягали у дослідженні для дифосфідів цинку і кадмію спектрів поглинання, поперечного електрооптичного ефекту, фотолюмінесценції, особливостей прояву у оптичних спектрах природньої надгратки, сумірних і несумірних фаз, екситонних станів. В більшості випадків наведені закономірності і особливості вивчалися при різних станах поверхні дифосфідів цинку і кадмію.

Теоретична і практична цінність досліджень, наукова новизна. Теоретична цінність досліджень полягає у розрахунку за допомогою ЕОМ екситонного відбиття світла у дифосфідах цинка моноклінної модифікації (β -ZnP_2) при варіації стану поверхні,встановленні кореляції особливостей прояву ФП у оптичних спектрах і у структурних характеристиках кристалів ZnP_2 і CdP_2 тетрагональної модифікації.

Практична цінність роботи полягає у слідуючому. Кристали ZnP_2 і CdP_2 перспективні для сучасної оптоелектроніки, тому визначені нами оптичні і електрооптичні характеристики можуть бути використані при розробці дефлекторів лазерних променів, НВЧ - пристроїв та сонячних елементів на основі дифосфідів цинку і кадмію.

Розроблено методи радіаційного упорядкування осфідів кадмію, які полягають у гама- і електронному опроміненні при оптимальних режимах. Запропоновано засоби покращуючого впливу на поверхню кристалів β -ZnP_2, анодне окислення, оптимальні режими травлення.

Наукова новизна отриманих у дисертації результатів полягає у слідуючому:

1. Вперше при дослідженні края поглинання кристалів дифосфідів цинку (α–ZnP_2) и кадмію (CdP_2) тетрагональної модифікації встановлена зміна симетрії кристала при зміні температури, прояв ФП типу сумірна - несумірна фаза.

2. Встановлено упорядкування кристалів CdP_2 під впливом низькодозового гама-опромінення, яке викликано релаксацією вихідного метастабільного матеріалу до рівноважного стану.

3. Встановлено, що електронне опромінення приводить до фазової перебудови об'єма CdP_2, зумовленої стоком дефектів до поверхні (гетерируючий ефект).

4. Вперше в спектрах фотолюмінесценції кристалів CdP_2, α-ZnP_2, а також у кристалах β-ZnP_2 (моноклінної модифікації) виявлені стани екситонів у приповерхневих потенціальних ямах.

5. Вперше за допомогою ЕОМ проведено розрахунок контура екситонного відбиття світла для просторово - дисперсуючих кристалів β-ZnP_2 з врахуванням зміни частоти резонансного переходу і параметра загасання поблизу поверхні, а також наявності у приповерхневій області штарківських потенціальних ям.

6. Вперше вивчено прояв поперечного електрооптичного ефекта у α-ZnP_2 і CdP_2.

Рівень реалізації. Результати дисертації використані при виконанні прикладної науково-технічної програми, яка фінансується Державним Комітетом України з питань науки і технологій: "Розробка і впровадження мікроелектронних сенсорів короткохвильового випромінювання".

Публікації. Результати дисертації опубліковані у 18 наукових роботах (з них 8 - у наукових журналах), список яких наведено в кінці автореферату.

Апробація роботи. Основні результати роботи доповідались і обговорювались на:

- VIII Всесоюзній координаційній нараді "Матеріалознавство напівпровідникових сполук A_2B_4" (м. Чернівці, 1990);

- V Семінарі по фосфідах і фосфорних сплавах (Фосфіди-90) (м. Алма-Ата, 1990);

- XII Всесоюзній конференції по фізиці напівпровідників (м. Київ, 1990);

- Міжнародній школі-семінарі "Спектроскопія молекул і кристалів" (м. Суми, 1991);

- Науково-практичному семінарі "Оптика і спектроскопія і їх застосування у народному господарстві і екології" (м. Кам'янець-Подільськ, 1992);

- XI Українській школі-семінарі "Спектроскопія молекул і кристалів" (м. Харків, 1993).

Структура та об'єм дисертації. Дисертація складається з вступу, п'яти глав та заключної частини і містить 157 сторінок з урахуванням 39 ілюстрацій, 6 таблиць і списку цитованої літератури з 144 найменувань.

Особистий внесок автора роботи полягає у розробці комплексного експериментального обладнання, з використанням якого було проведено дослідження спектрів поглинання, експериментальному дослідженні спектрів фотолюмінесценції, відбиття, поперечного електрооптичного ефекта, обробці і аналізі результатів досліджень, розрахунках на ЕОМ екситонного відбиття β-ZnP_2.

Методологія, методи досліджень дифосфідів цинку і кадмію полягали у комплексному дослідженні края поглинання, низькотемпературної фотолюмінесценції, поперечного електрооптичного ефекта у дифосфідах цинку і кадмію тетрагональної модифікації, а у "чорних" кристалах ZnP_2 також екситонного відбиття. Для визначення модифікації "чорних" кристалів ZnP_2 був використаний рентгенографічний метод. У процесі досліджень були використані також дані по конденсаторній фото - е.р.с.

Основні положення, що виносяться на захист:

1. Встановлені температурні інтервали виконання і невиконання правила Урбаха (для края поглинання) у α-ZnP_2 і CdP_2, які зумовлені проявом більш і менш симетричних фаз, відповідно.

2. Низькодозове гама- і електронне опромінення приводить до упорядкування кристалів CdP_2, що проявляється у розширенні температурного діапазону виконання правила Урбаха.

3. Після гама- і електронного опромінення кристалів CdP_2 проявляється додаткова короткохвильова структура у спектрах низькотемпературної фотолюмінесценції.

4. У спектрах низькотемпературної фотолюмінесценції кристалів α-ZnP_2, -CdP_2, β-ZnP_2 при визначених станах поверхні проявляються лінії зв'язаних поверхневих екситонів.

5. В теоретичних і експериментальних спектрах екситонного відбиття просторово-дисперсуючих кристалів β-ZnP_2 передбачені і виявлені додаткові довгохвильові піки, які обумовлені локалізацією екситонів у штарківських приповерхневих потенціальних ямах.

6. У кристалах α-ZnP_2 і CdP_2 виявлено поперечний електрооптичний ефект і визначені відповідні електрооптичні коефіцієнти.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульована мета, охарактеризована наукова новизна і практична цінність отриманих результатів, стисло подано зміст роботи, викладені положення, що виносяться на захист.

Перша глава представляє собою стислий літературний огляд даних по структурних (розділ 1.1) і оптичних (розділ 1.2) характеристиках досліджуванних кристалів.

Друга глава присвячена дослідженню температурних залежностей края поглинання (КП) кристалів α-ZnP_2 і CdP_2 тетрагональної модифікації. У α-ZnP_2 правило Урбаха для коефіцієнта поглинання K виконується в інтервалах 100-150 K, 250-300 K, 309-313 K, 315-319 K, 379-381 K, 385- 387 K, 389-391 K (розділ 2.2.1).

Для цих температурних інтервалів визначені параметри правила Урбаха:

E_0= 2,312 eB; $\ln K_0$= 7,2 (100-150 K);

E_0= 2,360 eB, $\ln K_0$= 13,1 (250-300 K);

E_0= 2,255 eB; $\ln K_0$= 6,35 (309-313 K);

E_0= 2,243 eB; $\ln K_0$= 6,26 (315-319 K);

E_0= 2,160 eB, $\ln K_0$= 6,00 (379-381 K);

E_0= 2,158 eB, $\ln K_0$= 6,03 (385-387 K);

E_0= 2,153 eB, $\ln K_0$= 6,00 (389-391 K).

У проміжних температурних областях правило Урбаха не виконується, т.т. залежності lnK від енергії падаючих квантів ($h\nu$) не перетинаються.

Причиною відхилення КП від правила Урбаха є зниження симетрії кристала. Збіжність пучка прямих lnK ($h\nu$) в вузьких температурних інтервалах свідчить про існування в них більш високосиметричної фази. Інтервали її прояву співпадають з описаними в літературі ділянками "інварного" ефекту. Підвищення симетрії кристала можна пояснити переходом у сумірну фазу надструктури і закріпленням хвильового вектора модуляції на дискретності решітки або дефектах.

Досліджено також температурні залежності параметра правила Урбаха $\sigma(T)$ (розділ 2.2.2). Спостерігалися немонотонності поблизу температур 100; 250; 310; 315; 380; 390 K. Вони зумовлені перебудовою несумірної надструктури при зміні

температури і наявності рухливих точкових дефектів. При зміні температури період надструктури змінюється. При цьому навіть порівняно малі зміни l супроводжуються макроскопічним переміщенням стінок несумірності по кристалу. В цьому випадку температурна залежність δ свідчить про зміну просторового розташування дефектів відносно зміщуючихся стінок несумірності.

В кристалах CdP_2 правило Урбаха виконується в інтервалах 200 - 250K; 293 - 328 K; 365 - 408 K; 370 - 396 K (розділ 2.3.1.).

Яскраво виражена немонотонність параметрів правила Урбаха $\sigma(T)$ і $E_g(T)$ має місце в діапазоні 360 - 375 K, що корелює з літературними даними по рентгенографічних характеристиках CdP_2.

Проводились також дослідження по впливу низькодозового гама- і електронного опромінення на КП.

Було встановлено, що після низькодозового гама-опромінення суттєво змінюються і розширюються температурні діапазони виконання правила Урбаха: 4,2 - 50 K, 100 - 150 K, 250- 300 K (розділ 2.3.2.). На нашу думку, ці результати зумовлені ефектом радіаційного упорядкування кристалів CdP_2, релаксацією вихідного метастабільного матеріалу до рівноважного стану.

Електронне опромінення також привело до розширення низькотемпературного діапазону виконання правила Урбаха (4,2 - 100 K). Слід відзначити, що на відміну від проникаючого гама-опромінення, електронне опромінення впливає безпосередньо на приповерхневу область. На нашу думку, покращуючий вплив електронного опромінювання зумовлений стоком об'ємних дефектів на поверхню (гетеруючий ефект).

У третій главі розглянуто низькотемпературну фотолюмінесценцію у кристалах α-ZnP_2 і CdP_2 тетрагональної модифікації.

Встановлено, що досліджені політипи α-ZnP_2 (4 Та і 4 Тв) декілька відрізняються (на 0,01 еВ) за шириною забороненої зони. У політипі α-ZnP_2-4 Тв

більш чітко проявляється структура, яка характерна для об'ємних зв'язаних екситонів (при 4,2 К у діапазоні 2,06 - 2,15 еВ) (розділ 3.2).

Виявлено прояв зв'язаних екситонів на сколотій поверхні політипа 4 Тв. Спостерігався також прояв випромінюючих домішкових центрів на сколотій і полірованій поверхні політипа 4 Та (у діапазоні 1,9 - 2,0 еВ).

У зразках CdP_2 спостерігалися смуги, обумовлені об'ємними зв'язаними екситонами (безфононна лінія A_0 з енергією 2,134 еВ при 4,2 К і лінії A_1-A_7 за участю фононів різних енергій) (розділ 3.3).

Після низькодозового гама-опромінювання крім вихідної серії A_0-A_7 проявлялася тонка структура нових ліній S_1-S_6 (у діапазоні 2,14 - 2,18 еВ при 4,2К).

Після електронного опромінення пригнічується уся вихідна тонка структура. Одночасно іде прояв нової досить розмитої і асиметричної смуги у діапазоні 2,15 - 2,2 еВ (з невеликою структурою). При цьому також спостерігається короткохвильовий хвіст фотолюмінесценції, характерний для прояву мінізонних структур.

Таким чином, спостерігається випромінювання з енергією більше ширини забороненої зони (2,153 еВ).

Дійсно, в умовах об'ємного випромінення свічення з $h\nu > E_g$ маскується його сильним самопоглиначням. В той же час подібних обмежень не існує для чисто поверхневої люмінесценції. Після опромінення відбувається відновлення надструктури на поверхні кристалів CdP_2. Покращуючий вплив опромінювання на поверхню корелює з вищезгаданними даними по краю поглинання.

У четвертій главі описані результати дослідження спектрів відбиття, фотолюмінесценції і поглинання "чорних" кристалів дифосфіду цинку. Рентгеноструктурні дослідження дозволили встановити, що досліджені нами "чорні" кристали ZnP_2 мають моноклінну модифікацію (β) (розділ 4.1.). Стан

поверхні змінювався шляхом зміни згину зон Y_s і швидкості поверхневої рекомбінації на природній, сколотій, полірованій і анодно-окисленій поверхні.

Більшість виявлених ліній оптичних спектрів, які розглядалися, відповідає літературним даним для β-ZnP_2. В діапазоні 1,55 - 1,60 еВ виявляються вільні об'ємні екситони двох типів (А і С). При 4,2 К енергія резонансного переходу для А-екситонів складає 1,5492 еВ, для С-екситонів - 1,5591 еВ (розділ 4.2).

В діапазоні 1,5 - 1,54 еВ в спектрах фотолюмінесценції при 4,2К спостерігалися смуги 1,508; 1,522 і 1,532 еВ, зумовлені локалізованими об'ємними екситонами.

Нові дані одержані для зразків з відносно великими згинами зон ($Y_s \simeq 10 \frac{kT}{e}$): фіксувалися додаткові короткохвильові смуги екситонного відбиття у діапазоні 1,54 - 1,57 еВ.

Крім того, в спектрах фотолюмінесценції зразків β-ZnP_2 з полірованою поверхнею з'являлася нова смуга(1,529 еВ) зумовлена поверхневими зв'язаними екситонами.

Для з'ясування природи нових ліній відбиття був проведенний (за допомогою ЕОМ) розрахунок впливу поверхні на спектри екситонного відбиття просторово-диспергуючих кристалів β-ZnP_2 (розділ 4.3.).

Розглядалося декілька, відомих з літератури, моделей. В одній з них - зміна товщини d безекситонного шару поблизу поверхні; зміна параметра загасання Г, який враховує сильну екситон-фононну взаємодію; товщінна залежність частоти резонансного переходу ω_0. З розрахунків було зроблено висновок, що стан поверхні проявляв малий вплив на спектр відбиття, зумовленного С-екситонами. Форма спектра відповідала моделі класичного об'ємного осцилятора з урахуванням просторової дисперсії. У випадку росту величини ω_0 в глибину зразка (для А-екситонів) розрахунок передбачає появу додаткового довгохвильового максимума, який проявляється на експерименті.

Розрахунок спектрів відбиття, зумовленого А-екситонами, був проведений також для описаної в літературі моделі, яка враховує просторову дисперсію в умовах адіабатичного наближення (для плавних приповерхневих неоднорідностей). Метод розрахунку полягав у чисельному інтегруванні системи диференціальних рівнянь, які описують розповсюдження поляритонів у неоднорідному кристалі.

Остання модель досить точно відповідає експериментальним даним для кристалів β-ZnP_2.

Притаманні силі дзеркального зображення і квадратичного Штарк-ефекта можуть зумовлювати локалізацію екситонів у приповерхневих потенціальних ямах. У спектрах відбиття цей ефект проявляється у вигляді додаткових особливостей з довгохвильового боку від об'ємного екситонного резонансу.

У п'ятій главі приводяться перші дані по електрооптичних характеристиках кристалів дифосфідів цинку і кадмію тетрагональної модифікації. Використовувалась поляризаційна методика, яка грунтується на перетворенні фазової модуляції в амплітудну, а також гаусове розширення променя.

Виявлено прояв значного поперечного електрооптичного ефекту і слабкого повздовжнього ефекта. Поперечний електрооптичний ефект передбачається, виходячи з симетрії кристалів. Повздовжній електрооптичний ефект може бути зумовлений проявом надструктури.

Визначено (або оцінено) електрооптичний коефіцієнт γ_{41} у дифосфідах цинку і кадмію.

$\gamma_{41} \leq 2{,}7 \cdot 10^{-14}$ м/В (напівхвильова напруга $U_{\lambda/2} = 1{,}80 \cdot 10^{3}$ В) у α-ZnP_2;

$\gamma_{41} = 0{,}24 \cdot 10^{-12}$ м/В (напівхвильова напруга $U_{\lambda/2} = 38 \cdot 10^{1}$ В) у CdP_2.

Домінуючий внесок у електрооптичний ефект належить електронній компоненті.

У заключенні сформульовано основні результати і висновки.

Основні результати роботи формулюються таким чином:

1. Вперше у широкому діапазоні температур для кристалів дифосфідів цинку і кадмію тетрагональної модифікації досліджено правило Урбаха для коефіцієнтів поглинання. Встановлені температурні інтервали виконання і невиконання правила Урбаха, зумовлені проявом більш і менш симетричних фаз, відповідно. Виявлено немонотонність у температурній поведінці параметра σ для правила Урбаха. Встановлені особливості зумовлені перебудовою надструктури при зміні температур і наявністю рухомих дефектів. Зміна періоду надструктури ℓ при зміні температури супроводжується макроскопічним переміщенням стінок несумірності по кристалу.

2. Встановлено, що низькодозове гама-опромінення призводить до упорядкування кристалів CdP_2, що викликано релаксацією вихідного метастабільного матеріалу до рівноважного стану. Це проявляється у розширенні температурного діапазону виконання правила Урбаха.

Ефект радіаційного упорядкування спостерігається також у спектрах фотолюмінесценції. Так після гама-опромінення крім вихідної серії ліній A_0-A_7 (у діапазоні 2,10 - 2,14 еВ), відомих з літератури, проявляється тонка структура нових ліній S_1-S_6 (у діапазоні 2,14 - 2,18 еВ).

3. Встановлено, що електронне опромінення призводить до фазової перебудови CdP_2, що зумовлено стоком дефектів на поверхню (гетеруючий вплив). Цей ефект проявляється у розширенні температурного діапазону виконання правила Урбаха.

У спектрах фотолюмінесценції після електронного опромінення пригнічується вихідна тонка структура A_3-A_7. Одночасно фіксується нова дуже розмита і асиметрична смуга у діапазоні 2,15 - 2,2 еВ (з невеликою структурою). При цьому спостерігається також короткохвильовий хвіст фотолюмінесценції.

4. Виявлені нові лінії зв'язаних поверхневих екситонів, які проявляються у спектрах низькотемпературної фотолюмінесценції тетрагональних кристалів α-ZnP_2 і CdP_2 і моноклінних кристалів β-ZnP_2.

5. Вперше за допомогою ЕОМ проведений розрахунок контура екситонного відбиття світла для просторово-дисперсуючих кристалів β-ZnP_2 з урахуванням зміни частоти резонансного переходу і параметра затухання поблизу поверхні, а також наявності на поверхні штарківської потенціальної ями.

Результати обчислень екситонного відбиття узгоджуються з дослідом: при великих згинах зон з'являється додатковий мінімум відбиття, обумовлений локалізацією екситонів у штарківських приповерхневих потенціальних ямах.

6. Вперше досліджено поперечний електрооптичний ефект у кристалах α-ZnP_2 і CdP_2. Визначено (або оцінено) електрооптичний коефіцієнт γ_{41} ($\leq 2{,}7 \cdot 10^{-14}$ м/В у α-ZnP_2 і рівний $0{,}24 \cdot 10^{-12}$ м/В у CdP_2).

РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ В РОБОТАХ:

1. В.А.Зуев, Н.Ю.Лавриненко, А.А.Мельников, В.Г.Федотов "Особенности края поглощения в α-ZnP_2 .// УФЖ. 1990. т.35. N3. с.346-349.

2. В.А.Зуев, Н.Ю.Лавриненко, А.А.Мельников, В.Г.Федотов "Аномалии края поглощения в CdP_2 .// УФЖ. 1990. т.35. N12 с.1804-1806.

3. В.А.Зуев, М.В.Курик, Н.Ю.Лавриненко, В.С.Манжара "Фотолюминесценция α-ZnP_2 двух политипов при различных состояниях поверхности.// УФЖ. 1991. т.36. N7. с.1023-1028.

4. В.А.Зуев, Н.Ю.Лавриненко, В.С.Манжара, В.Г.Федотов "Влияние низкодозового γ-облучения на край поглощения в CdP_2 .// УФЖ. 1992. т.37. N5. с.727-730.

5. В.А.Зуев, Н.Ю.Лавриненко, В.С.Манжара, В.Г.Попов, М.А.Степанова "Фотолюминесценция и фото - э.д.с. облученных кристаллов CdP_2.// УФЖ.1991. т.36. N5. с.707-711.

6. В.А.Зуев, Н.Ю.Лавриненко, В.С.Манжара, А.У.Шелег "Проявление фазовых переходов в поглощении α-ZnP_2 при низких температурах.// ЖПС. 1992. т.56. N5. с.87.

7. В.А.Зуев, А.Г.Бычков, Н.Ю.Лавриненко "Поперечный электрооптический эфект в CdP_2 .// Квантовая оптоэлектроника. 1992. N42 . с.29-31.

8. В.А.Зуев, Н.Ю.Лавриненко, В.С.Манжара, В.Г.Попов, М.А.Степанова, А.У.Шелег "Фотоэлектрические и оптические характеристики β-ZnP_2 при различных состояниях поверхности.// УФЖ. 1994.т.39. N5. с.86-90.

9. В.А.Зуев, Л.М.Горыня, Н.Ю.Лавриненко "Особенности пропускания и края поглощения в кристаллах дифосфида цинка и кадмия.// Деп.ВИНИТИ. 1991. N5101.

10. А.Г.Бычков, Л.М.Горыня, В.А.Зуев, Н.Ю.Лавриненко, В.Г.Федотов "Оптическая активность в кристаллах дифосфида цинка и кадмия.// Деп.ВИНИТИ. 1991. N5102.

11. В.А.Зуев, Н.Ю.Лавриненко, М.В.Курик, В.С.Манжара, Ю.Д.Кучинский "Фотолюминесценция в тетрагональном дифосфиде цинка.// Деп.Укр.НИИНТИ. 1993. N41 - Ук 93.

12. В.А.Зуев, А.Г.Бычков, Н.Ю.Лавриненко, В.Г.Федотов, А.А.Мельников, А.Г.Трухан "Гиротропия экситонного происхождения в кристаллах ZnP_2 и CdP_2 . - Тез.докл.VIII Всесоюз. координац. совещ. "Материаловедение полупроводниковых соединений группы A_2B_5" - Черновцы. 1990.

13. В.А.Зуев, Н.Ю.Лавриненко, А.А.Мельников, В.Г.Федотов, В.Н.Якимович "Аномалии края поглощения в дифосфидах кадмия и цинка." - Тез.докл.VIII Всесоюз. координац. совещ. "Материаловедение полупроводниковых соединений группы A_2B_5." - Черновцы. 1990.

14. Н.Л.Дмитрук, В.А.Зуев, Н.Ю.Лавриненко, В.Г.Федотов, М.А.Степанова, А.У.Шелег "Естественная сверхрешетка в кристаллах ZnP_2 и CdP_2." - Тез.докл. XII Всесоюз. конф. по физике полупроводников. - Киев. 1990.

15. В.А.Зуев, В.Г.Федотов, А.Г.Бычков, Н.Ю.Лавриненко, А.А.Мельников, Г.П.Чуйко, В.Н.Якимович "Модель длиннопериодической модуляции в тетрагональном дифосфиде цинка." - Тез.докл. V семинара по фосфидам и фосфоросодержащим сплавам "Физическая химия и технология фосфидов и фосфоросодержащих сплавов (Фосфиды-90). Алма-Ата. 1990.

16. В.А.Зуев, Н.Ю.Лавриненко, В.С.Манжара, В.Г.Попов, М.А.Степанова "Фотолюминесценция и фото - э.д.с. в дифосфидах цинка." - Тез.докл.Междунар.шк. - семинара "Спектроскопия молекул и кристаллов" - Сумы. 1991.

17. Н.Л.Дмитрук, В.А.Зуев, Н.Ю.Лавриненко, В.С.Манжара, Л.М.Горыня, М.А.Степанова "Фотолюминесценция и фото - э.д.с. в β -ZnP_2. - Тез.докл. Научно-практ. семинара "Оптика и спектроскопия и их применение в народном хозяйстве и экологии". - Каменец-Подольск. 1992.

18. Н.Л.Дмитрук, В.А.Зуев, Н.Ю.Лавриненко, М.В.Курик, В.С.Манжара, М.А.Степанова, А.У.Шелег "Влияние состояния поверхности на оптические, фотоэлектрические и рентгенографические характеристики β -ZnP_2. - Тез.докл. XI Укр.шк.- семінару "Спектроскопія молекул та кристалів" - Харків. 1993.

Лавриненко Нина Юрьевна "Оптические свойства дифосфидов цинка и кадмия при различных состояниях объема и поверхности" Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07. - физика твердого тела. Институт физики полупроводников НАН Украины, Киев, 1995.

Защищается 18 работ, которые посвящены экспериментальным и теоретическим исследованиям поглощения, фотолюминесценции, отражения и электрооптических характеристик кристалов ZnP_2 и CdP_2. Установлено проявление температурных фазовых переходов в оптических характеристиках ZnP_2 и CdP_2, экситонных поверхностных состояний и радиационного упорядочения.

Ключові слова: полгинання, фотолюмінесценція, відбиття, дифосфіди кадмію і цинку, екситон, електрооптичний ефект, фазовий перехід.

Lavrinenko Nina Yur`evna. "Optical characteristics of ZnP_2 and CdP_2 under different conditions of surface and volume".

Dissertation for scientific degree of candidate of physics and mathematics sciences, specialization 01.04.07. physics status solidi.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Institute of semiconductor physics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, 1995.

The dissertation is devoted to experimental and theoretical studies on absorption, photoluminescence, reflection, and electrooptical characteristics of ZnP_2 and CdP_2. It has been found the showing of temperature phase transition, surface exciton states and radiation ordering.

Key words: absorption, photoluminescence, reflection, cadmium and zinc diphosphides, phase transitions, exciton, electrooptical coefficient.

Друк КІСВ Зам. 348

452631

Ав 33.619