

ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ім. І. І. Мечникова

На правах рукопису

КІДАЛОВ ВАЛЕРІЙ ВІТАЛІЙОВИЧ

ВЛАСНІ ДЕФЕКТИ У СПОЛУКАХ  $A^2B^6$ , ОДЕРЖАНИХ  
МЕТОДОМ РАДІКАЛО-ПРОМЕНЕВОЇ ЕПІТАКСІЇ

01.04.10 - Фізика напівпровідників та діелектриків

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата фізики - математичних наук

Одеса - 1993

Роботу виконано на кафедрі фізики та інформатики  
Бердянського державного педагогічного інституту  
ім. П. Д. Осипенко

Науковий керівник: доктор фізико-математичних  
наук, професор  
Котляревський Марк Борисович

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних  
наук, професор  
Ваксман Юрій Федорович

доктор фізико-математичних  
наук, професор  
Горбань Олександр Миколайович

Керівна організація: Донецький державний  
університет

Захист дисертації: відбудеться "2" февраль 1994 р.  
з "14" години на засіданні Спеціалізованої ради,  
шифр К. 068. 24. 03 по фізико-математичним наукам (фізика)  
в Одеському державному університеті ім. І. І. Мечнікова  
( 270100, м. Одеса, вул. Петра Великого, 2 )

З дисертацією можливо ознайомитися в науковій бібліотеці  
Одеського державного університету

Автореферат разіслано "2" листопад 1994 р.

Вчений секретар Спеціалізованої ради  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент

Бедчук С. П.

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00801503 (H)

### ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Унікальність властивостей напівпровідникових сполук класу  $A^2B^6$  - широка заборонена зона, високий квантовий вихід фотолюмінесценції - обусловлює інтенсивне дослідження можливості їх застосування у оптоелектроніці, акустoeлектроніці, лазерній техніці. Істотною перешкодою до цього є складність створення кристалів з заданими оптичними і електричними властивостями.

У даний час стає все очевиднішим, що вся різноманітність оптичних і електричних властивостей спеціально нелігованих бінарних сполук  $A^2B^6$  визначається складом і структурою власних вроджених дефектів решітки.

До недавнього часу вважалося, що у більшості сполук  $A^2B^6$  неможливо реалізувати діркову провідність, тому що область стехіометрії цих кристалів зсунута у бік великих тисків парів металоїда. Один із способів зміни складу власних дефектів для збільшення надстехіометрії металоїда у області стехіометрії бінарних сполук  $A^2B^6$  є відпал їх у активірованому парі металоїдного компонента (радикало-променева епітаксія). Така активація приводить до різкого (на кілька порядків) збільшення у парі халькогена концентрацій дисоційованих до нейтральних атомів молекул халькогена. Цим нейтральним атомам (радикалам) властива висока хімічна активність і адсорбційна здатність до поверхні кристала на відміну від молекул. Це різко змінює умову адсорбційно-десорбційно-кристалізаційної рівноваги на поверхневих парах кристала і дає можливість одержувати кристали зі складом дефектів, контрольованих у широкому діапазоні.

Однак для гетерогенних систем ( $ZnO/ZnSe$ ) слабо вивчені механізми дефектоутворення при обробці сполук  $A^2B^6$  у активірованому парі металоїдного компонента.

Таким чином, актуальність роботи визначена необхідністю розробки моделі дефектоутворення, а також методики контролю складу крапкових дефектів при обробці сполук  $A^2B^6$  у радикалах металоїда.

Мета та завдання роботи. Метою дисертації є розробка фізичних основ управління і контролю складу власних дефектів у гомо- і гетероструктурах на основі сполук  $A^x B^6$ , одержаних методом радикало-променевої епітаксії (РПЕ).

Завданням цього дослідження є розробка методики застосування рідкоземельних елементів для з'ясування механізмів дефектоутворення для гомоструктур, одержаних на основі сполук  $A^x B^6$  при обробці у радикалах металоїда; застосування цієї методики для з'ясування механізмів дефектоутворення у гетероструктурах; розробка теоретичної моделі дефектоутворення у гетероструктурах на прикладі  $ZnO/ZnSe$ ; одержання плівок  $ZnO$  на  $ZnSe$  методом радикало-променевої епітаксії з шириною перехідного шару меншою  $100 \text{ \AA}$ .

Наукова новизна. Проведені дослідження дали можливість встановити ряд нових експериментальних фактів та закономірностей:

1. Вперше вивчена можливість управління співвідношенням швидкості дифузійного і епітаксимального росту у гетероструктурах, одержаних при відпалі сполук  $A^x B^6$  у радикалах металоїда за допомогою попереднього іонного легування цинком.

2. Вперше доведено, що вивчення спектральних характеристик фотолумінесценції рідкоземельних елементів можна використовувати для вивчення механізмів дефектоутворення у гетероструктурах на прикладі  $ZnO/ZnSe$ , одержаних методом РПЕ (утворюється три типи центрів у залежності від препаративних умов). Центр А (РЗ елемент у міжвузлів'ї підрешітки цинку). Центр В (РЗ елемент заміщує селен). Центр С (РЗ елемент заміщує цинк).

3. Вперше показано, що при обробці  $ZnSe$  у молекулярному селені (гомоструктури) РЗ елементи утворюють два типи центрів А і В. При обробці у радикалах - центр С.

4. Вперше одержана структура  $ZnO/ZnSe$  при обробці попередньо легованих іонами  $Zn$  монокристалів  $ZnSe$  і відпалених у радикалах кисню з шириною перехідного шару порядку  $60 \text{ \AA}$  (за даними Оже-спектроскопі).

5. Вперше методом РПЕ одержані варіанні структури  $ZnSe_{1-x}S_x$ . Вивчено їх спектральні характеристики.

Практичне значення роботи полягає у тому, що вона є експериментальною базою для подальшого розвитку фізичних методів управління електричними і оптичними властивостями структур на основі сполук  $A^2B^6$  з метою створення на їх основі оптоелектронних приладів.

Наукові положення, які вносяться на захист

1. Експериментально і теоретично показано, що при обробці сполук  $A^2B^6$  у радикалах металоїда у залежності від коефіцієнта дифузії, самодифузії і взаємної розчинності, можливі два основних механізми росту нових шарів: дифузійний і квазіепітаксціальний.

2. Для гомоструктур, одержаних на основі сполук  $A^2B^6$  при обробці у радикалах металоїда, наведено рішення системи рівнянь моделюючи процеси в такій структурі з врахуванням заряджених дефектів. Розроблена методика застосування рідкоземельних елементів (РЗЕ) для з'ясування механізмів дефектоутворення.

3. Для гетероструктур ( $ZnO/ZrSe$ ), одержаних методом РПЕ, побудовано модель дефектоутворення, що враховує дифузю адсорбованої компоненти металоїда в об'єм.

4. Для системи  $ZnO/ZnSe$ , одержаної методом РПЕ, показано, що попереднє легування іонами  $Zn^+$  монокристалів  $ZnSe$  з наступним відпадом у радикалах металоїда, призводить до квазіепітаксціального механізму нарощування нових шарів  $ZnO$ , який супроводжується утворенням катіонних вакансій ( $\sqrt{V_{Zn}}$ ).

Апробація результатів роботи. Результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на III Всесоюзній конференції Матеріалознавства халькогенідних напівпровідників (Чернівці, 1991), XXX Нараді з люмінесценції (неорганічні кристали) (Ровно, 1984), II Всесоюзній конференції "Фізичні основи надійності і деградації напівпровідникових приладів" (Кишинев, 1991), і Одеському Міжнародному семінарі "Комп'ютерне моделювання електронних і атомних процесів у твердих тілах" (Одеса, 1992), на координаційній раді

"Люмінесценція і її використання у народному господарстві" (Бердянськ, 1992), на VII Всесоюзній, I Міжнародній нараді "Фізика, хімія і технологія люмінофорів" (Ставрополь, 1992).

Публікації. Головні результати дисертації викладено у десяти наукових роботах.

Дисертація складається з вступу, трьох розділів з висновками, підсумку та списку літератури, який налічує 129 найменувань. Загальний обсяг роботи складає 164 сторінки машинописного тексту, 39 таблиць та малюнків.

### ЗМІСТ РОБОТИ

У вступу обгрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовані мета та завдання дослідження, а також головні наукові положення, які винесені на захист.

Перший розділ є оглядовим і присвячений розгляду існуючих літературних джерел зі структури власних дефектів у  $A^{\lambda}B^{\delta}$ , методом їх ідентифікації, аналізу складу люмінесцентних властивостей і містить критичний аналіз питань, які розглядаються.

Відпал у активованій парі металоїда дає можливість у широкому інтервалі змінювати склад власних дефектів. При відпалі кристалів сполук  $A^{\lambda}B^{\delta}$  у парі металоїда відбувається нарощування нових шарів кристала, при якому атоми металоїда надходять із газової фази, а атоми металу - із об'єму кристала з утворенням у останньому вакансії цинку (квазіепітаксіальна модель). У дійсності при вирощуванні плівок у гетероструктурах ( $ZnO/ZnSe$ ) працюють одночасно два механізми дефектоутворення - гетероепітаксіальний і дифузійний.

Також показано, що рідкоземельні елементи можна використовувати як спектроскопічні зонди структури сполук  $A^{\lambda}B^{\delta}$ . Досить тонка структурна чутливість параметрів електронних спектрів іонів рідко-

земельних елементів дає можливість за змінами цих параметрів прослідкувати закономірності зміни найближчого оточення і одержати структурну інформацію, недоступну іншим методам дослідження. Вплив кристалічного оточення на енергетичний стан іона рідкоземельного елемента призводить до штарковського розщеплення  $4f$  рівнів і до зміни інтенсивностей переходів між ними. Штарковське розщеплення дуже яскраво виявляється у оптичних спектрах.

Показано, що в сполуках  $A^2B^6$  рідкоземельні елементи (RE) утворюють три типи центрів. Так, у сполуках з більшим числом вакансій металу RE елементи знаходяться у позиціях підрезики металу (центр C). Рідкоземельний елемент може знаходитися у позиції міжвузлового цинку (центр A), або у позиції у підрезиці металоїда (центр B). При цьому спектри фотолумінесценції для кожного типу центрів різні.

На основі проведеного огляду літератури сформульовано завдання дослідження.

Другий розділ містить розрахунок концентрацій дефектів, які виникають при обробці ZnSe у радикалах селена з врахуванням заряджених дефектів. На основі цих розрахунків вибираються технологічні умови обробки для одержання монокристалів з заданими властивостями. На прикладі гомоструктури апробується методика застосування рідкоземельних елементів, як спектроскопічних зондів, для обґрунтування механізмів дефектоутворення при обробці ZnSe у радикалах селена, правильність цієї моделі порівнюється з даними радіоізотопних досліджень.

При обробці ZnSe з попередньо введеним Er у радикалах селена для переходу  ${}^4S_{3/2} - {}^4I_{15/2}$  спостерігаються різкі лінії з довжиною хвилі 550,66; 550,87; 551,24; 551,62; 554,70; 554,94; 559,71 нм, що свідчить про наявність одночасно двох типів центрів: ербій в міжвузлі і підрезики Zn (центр A) і ербій заміщує селен (центр B). При обробці ZnSe: Er у радикалах селена дослідження спектрів фотолумінесценції при 77 К показує наявність різних ліній з довжиною хвилі 535,45; 552,43; 553,43; 561,31 нм, що для переходу  ${}^4S_{3/2} - {}^4I_{15/2}$

відповідає Ir, який знаходиться на місці Zn (Er).

Аналогічні дослідження проведені для Sn и Eu.

Таким чином, при обробці у радикалах селена, рідкоземельні елементи переважно розміщуються у вакансійних вузлах підрешітки металу. При відпалі у молекулярному селені рідкоземельні елементи розташовуються переважно у міжвузлів'ях, тобто ріст плівки визначається дифузиею адсорбованих радикалів металоїдного компонента у об'єм. Ці дані знаходяться у хорошій відповідності з даними радіоізотопного аналізу і підтверджують квазіенітаксціальний механізм зміни складу кристалів сполук  $A^2B^6$  при відпалі їх у парях радикалів металоїда.

Третій розділ присвячений вивченню дефектоутворень у гетерогенній системі, коли кристал - це сполука халькогена  $B'$  (наприклад, селен), а потік радикалів  $B''$  - це другий халькоген. На початкових стадіях відпалу конкурують 2 механізми дефектоутворення. Перший - квазіенітаксія з утворенням і ростом плівки а  $B''$ . Другий - заміщення атомів  $B'$  атомами  $B''$ . З врахуванням цього складена система кінетичних рівнянь, моделююча процеси у такій гетерофазній системі для монокристалів ZnSe при обробці у радикалах кисню. У такій моделі припускається, що адсорбований на поверхневому шарі кисень утворює молекулу  $SeO$ , слабо пов'язану з поверхнею підложки. Цей потік дисорбції  $J_{дес}[Se]$  визначає генерацію вакансії у поверхневому шарі.

$$J_{дес}[Se] = N_0[Se] \frac{d^2}{4} \exp\left(-\frac{G_{диф0}}{kT}\right)$$

Ці вакансії можуть заповнюватися атомами кисню, і швидкість такого "розчинення" кисню у поверхневому шарі визначається потоком рекомбінації,  $J_{рек}[N_{Se}] = N_0[N_{Se}] \frac{d^2 \nu_{Se}}{4} \exp\left(-\frac{G_{диф0}}{kT}\right)$

де  $d$  - переріз захоплення кисню вакансією,

$\nu_{Se}$  - частотний фактор,

$G_{диф0}$  - енергія активації стрибкової дифузії атомів O по поверхні. У цьому гетерофазному випадку процеси дифузії в об'єм із поверхневого шару відіграють велику роль. Саме вони значною мірою визначають чи будуть наростати поверхневі шари ZnO і чи утвориться різка межа поділу у гетеропереході ZnSe-ZnO або кристал ZnO буде рости

за рахунок дифузії кисню в об'єм і межа поділу буде нечіткою.

Запропонована модель дає можливість напівкласично описати ті режими квазіепітаксії, при яких утворюються різні або плавні гетеропереходи, наприклад, такого типу, як ZnSe-ZnO, а також концентраційні співвідношення власних дефектів у цих структурах.

Відпал кристалів ZnSe з активіцією парів кисню проводиться у кварцевому реакторі спеціальної конструкції. Радикали кисню одержували в СВЧ розряді при тиску 1-4 КПа.

Контроль механізмів росту здійснювався дослідженням спектрів люмінесценції одержаних структур при поширеному стримуванні.

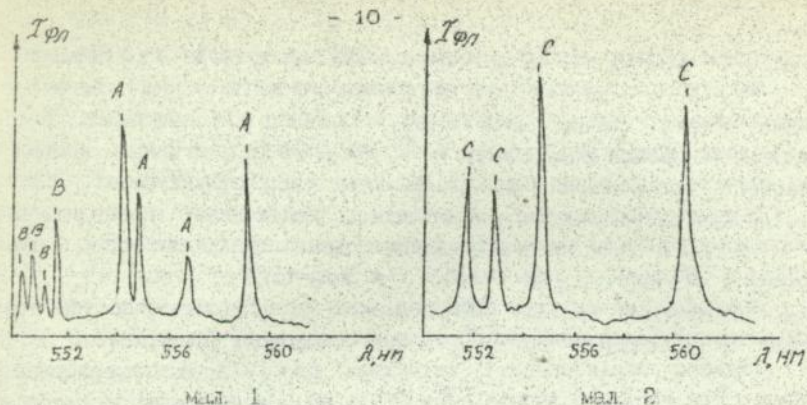
Спектри люмінесценції знімалися при 77К з використанням імпульсного азотного лазера з  $\lambda = 337,1$  нм і монохроматора високого розв'язування МР-12.

Нами досліджувалися дві партії монокристалів. У першій партії використовувався селенід цинку, вихований із розплаву, спеціально нічим не легований, з питомим опором  $10^{12}-10^{13}$  Ом·см.

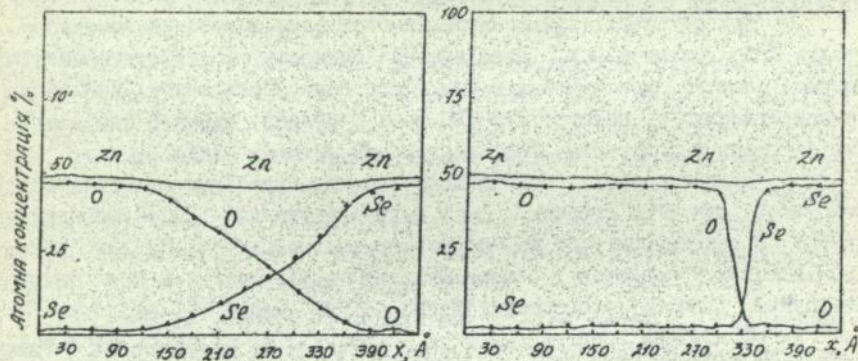
У другій партії здійснювалося попереднє легування монокристалів ZnSe іонами цинку. Дослідження спектрів фотолюмінесценції першої партії монокристалів при поширеному стримуванні показало наявність смуг у області 370-430 нм і у області 440-640 нм, які зв'язуються з кристалами ZnO, що вирісли у об'ємі ZnSe.

У другій партії монокристалів після видалення поверхневого шару ZnO при 77 К спостерігалася нехарактерна для ZnSe блакитна смуга з максимумом ~487 нм, що перекривається смугою 520 нм. Випромінювання у крайовій і самоактивованій люмінесценції при цьому відсутнє. Аналіз експериментальних даних показує, що смуга  $\lambda_{\text{м}}$  487 нм обумовлена випромінювальною рекомбінацією вільного електрона на рівні 0,21 еВ, який ідентифікується як однозарядна вакансія цинку.

Дослідження спектрів ФЛ ербія (мал. 1) попередньо введеного у ZnSe при обробці в радикалах кисню показало, що Er утворює два типи центрів А і В. При обробці попереднє легуваних монокристалів ZnSe:Er іонами цинку в радикалах селена показало, по даним спектрів ФЛ (мал. 2), що ербій утворює центр С.

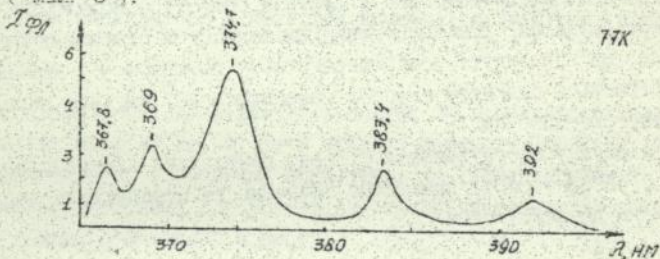


За даними Оже-спектроскопії ширина перехідного шару для першої партії складала порядку 300 Å, (МАЛ. 3.) для другої — 30 Å (МАЛ. 4.)



Таким чином, якщо попередньо легovanі зразки відпалювати у потоці радикалів кисню, то в-за сильного стискування решітки коефіцієнт дифузії цинку зростає і нарощування нових шарів іде по квазіепітаксимальному механізму, причому цинк поступає із розпушеного шару. Це призводить до рівкого збільшення концентрації власно-дефектних акцепторних центрів  $\sqrt{N_{zn}}$  у імплантованому шарі.

Товщина одержаних плівок визначалася за допомогою інтерференційного мікроскопа МІ-4. Плівки мали дзеркальну поверхню товщиною від 0,01 до 100 мк у залежності від часу обробки. Рентгенодифрактометричні дослідження одержаних плівок показали, що на підложці базового монокристала одержана плівка з гексогональною структурою, базисна площина якої співпадає з щільноупакованою площиною підложки. Висока якість одержаних плівок підтверджується тим, що при фотолумінесценції видно лише смуги вільних і зв'язаних екситонів (мал. 5).



мал. 5

У спектрі ФЛ при  $T=15$  К шару ZnO спостерігається рішення смуг зв'язаних екситонів ( $\approx 369$  нм). У плівках, одержаних без попереднього іонного легування, спостерігається смуга  $\lambda = 369$  нм, що зв'язана з нейтральним донором. У плівках ZnO, одержаних на попередньо легуваних іонами цинку зразках, спостерігається смуга  $\lambda = 369,8$  нм, пов'язана з нейтральним донором.

Також розглянута можливість одержання варіонних структур  $ZnS_xSe_{1-x}$  методом радикало-променевої епітаксії. При відпалі монокристалів ZnSe у радикалах сірки утворилась дзеркальна плівка, товщина якої змінювалась у інтервалі від 0,2 до 1 мкм у залежності від умов відпалу.

Концентрація відповідних елементів (Zn; S; Se) на даній глибині визначалася методом Оже-спектроскопії. Виявилось, що плівки мають плавно змінений за глибиною склад при віддаленні від поверхні вглиб кристалу концентрація сірки плавно падає до нуля, при цьому концентрація селена зростає.

За даними фотолумінесценції при потяговому стримуванні і від-

повідній концентрації сірки і селена на певній глибині, одержаними із даних екс-спектроскопії побудована залежність ширини забороненої зони від складу.

У плівці, що виростає, спостерігається люмінесценція вільного екситона, що свідчить про малу концентрацію дефектів.

Склад одержаних плівок визначався методом рентгено-фазового аналізу. Виявилось, що плівки  $ZnS_xSe_{4-x}$  однофазні і мають структуру сфолерита у області  $1,0 > x > 0,60$  і виростає при  $0,64 > x > 0$ . Двофазність спостерігається лише у вузькій області  $0,60 \approx x \approx 0,54$ .

Досліджування люмінесцентних властивостей одержаних структур показало, що при знятті поверхневого шару товщиною  $\sim 1$  мкм при 77°К спостерігається блакитна смуга з максимумом 487 нм, яка перекривається смугою  $\sim 520$  нм.

У підсумку сформульовані головні результати дисертаційної роботи, обговорюється її практичне значення та перспективи подальших досліджень до даної теми.

#### ВИСНОВКИ.

1. Експериментально і теоретично показано, що при обробці сполук  $A^2B^6$  у радикалах металоїда у залежності від коефіцієнта дифузії, самодифузії і взаємної розчинності можливі два основних механізми росту нових шарів: дифузійний і неазієпідітативний. Вивчені механізми росту для гомо- і гетероструктур (наприклад,  $ZnO/ZnSe$ ,  $ZnS/ZnSe$ ), що відрізняються вищевказаними параметрами і показана можливість управління співвідношенням цих процесів.

2. Для гомоструктур, одержаних на основі  $A^2B^6$  при обробці у радикалах металоїда розроблена методика застосування рідкоземельних елементів (РЗЕ) для в'ясування механізмів дефектоутворення. Правильність цієї моделі узгоджується з результатами радіоізотопного аналізу.

3. Показано, що для гетероструктур (ZnO/ZnSe) рідкоземельні елементи (Er, Sm, Eu) утворюють переважно два типи центрів. Центр А, у якому рідкоземельні іони займають позиції у міжвузловому ґратці або позиції у підретітці селена (центр В).

4. Встановлено, що для попередньо легованих власними компонентами монокристалів ZnSe і відпалених у радикалах кисню рідкоземельні іони знаходяться у позиціях цинкової підретітки (центр С).

5. Комплексні дослідження (спектри ФЛ перехідного шару, концентраційні профілі Zn, O, Se у області переходу ZnO/ZnSe, спектри ФЛ рідкоземельних елементів) показують, що іонне легування цинком можна використовувати для управління співвідношенням дифузійного і епітаксialного механізмів росту.

6. Методом радикало-променевої епітаксії на попередньо легуваних іонами Zn енергією 70 Кев і дозою  $5 \times 10^{17}$  см<sup>-2</sup> одержані плівки ZnO.

Рентгенодифрактометричні дослідження одержаних плівок дали значення параметра ґратки  $5,206 \pm 0,001$  Å. Висока якість одержаних плівок підтверджується тим, що при фотолюмінесценції видно смуги вільних і зв'язаних екситонів. У спектрі ФЛ шару ZnO спостерігається розрідження смуг зв'язаних екситонів (369 нм). У плівках, одержаних без попереднього легування, спостерігається смуга 369 нм, зв'язана з нейтральним донором. У плівках ZnO, одержаних на попередньо легуваних іонами цинку зразках ZnSe, спостерігається смуга 369,5 нм, зв'язана з нейтральним акцептором.

7. У спектрі ФЛ перехідного шару ZnO/ZnSe спостерігаються смуги 510; 550; 560 нм, зв'язані з фазами ZnSe-O; ZnO-Se.

8. Методом радикало-проявочної епитаксії одержані варіантні структури. Досліджені їх спектральні характеристики.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ ОДЕРЖАНО У РОБОТАХ

1. Котляревский М. В., Кидалов В. В., Георгобизiani А. А., Рогозин И. В., Белованка В. Я. Управление соотношением скоростей диффузионного и эпитаксиального механизмов роста пленок ZnO на ZnSe методом ионного легирования // Изв. высш. учеб. заведений. Физ.-математ. науки, 1992, № 1,2 с. 59-61.
2. Котляревский М. В., Белованка В. Я., Рогозин И. В., Кидалов В. В., Георгобизiani А. А. Соотношение скоростей диффузионного и гетероэпитаксиального механизмов роста пленок ZnO на ZnSe и ZnS на ZnSe при радикало-лучевой гетеризирующей эпитаксии // Изв. АН России Неорг. материалы 1992. Т. 28. № 12. С. 2288-2293.
3. Кидалов В. В., Котляревский М. В., Рогозин И. В. Редкоземельные элементы как люминесцентные зонды механизмов дефектообразования при квазиэпитаксии. Материалы I Одесского Международного семинара по теме "Компьютерное моделирование электронных и атомных процессов в твердых телах". Одесса, 1992, с. 7.
4. Кидалов В. В., Котляревский М. В., Рогозин И. В. Радиационные дефекты в имплантированных монокристаллах ZnSe при отжиге в потоке радикалов кислорода. Тезисы II Всесоюзной конференции "Физические основы надежности и деградации полупроводниковых приборов". Кишинев, 1991, с. 31.

5. Кидалов В. В., Корнева Т. Н. Моделирование кинетики дефектообразования соединений  $A^2B^6$  в потоке радикалов халькогена. Тезисы XXX совещания по люминесценции (неорг. кр.-лы), Ровно, 1984, с. 34.
6. Котляревский М. Б., Белошанка В. Я., Кидалов В. В., Rogozin И. В. Использование ионного легирования для управления соотношением скоростей диффузионного и гетероэпитаксиального роста пленок ZnO на ZnSe. Тезисы докладов III Всесоюзной конференции по материаловедению халькогенидных полупроводников. Черновцы, 1991, ч. 1, с. 157.
7. Георгобиани А. А., Кидалов В. В., Rogozin И. В. Люминесцентные свойства структур ZnSe/ZnSe, полученных методом радикало-лучевой гетерирующей эпитаксии с добавками редкоземельных элементов. Тезисы докладов VII Всесоюзного, I Международного совещания "Физика, химия и технологии люминофоров". Ставрополь, 1992, с. 33.
8. Белошанка В. Я., Котляревский М. Б., Кидалов В. В., Rogozin И. В. Радикало-лучевая эпитаксия как метод получения люминесцирующих световодных и светодиодных структур ZnO/ZnSe. Тезисы докладов VII Всесоюзного, I Международного совещания "Физика, химия и технология люминофоров". Ставрополь, 1992, с. 262.
9. Кидалов В. В., Rogozin И. В., Оптичні властивості ZnSe імплантованого цинком //36. Актуальні проблеми гуманітарних та природничих наук. Москва, 1991, с. 51.

10. Георгобизани А. Н., Котляревский М. В., Идалов В. В., Рогозин И. В. Исследование механизмов роста пленок ZnO и ZnSe на подложках ZnS и ZnSe, полученных методом радикало-лучевой эпитаксии //Изв. АН России. Неорг. материалы (в печати).

*В/Иг*

ИИВ им. В. С. Суря



Подп. к печати 15. 12. 93. Формат 60x84 1/16.  
Объем 0,7 уч. изд. л. 1,0 п. л. Заказ N . Тираж 100 экз.

159520

**AB 29.087**