

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису УДК 548.4:535.33/37

НАФЄЄВ РОВІЛ КАСИМОВИЧ

**ІОНОЛЮМІНЕСЦЕНЦІЯ І ІОННО-
ФОТОННА ЕМІСІЯ СПОЛУЧЕНЬ
НА ОСНОВІ МЕТАЛІВ ДРУГОЇ
ГРУПИ**

01.04.07 - Фізика твердого тіла

АВТОРЕФЕРАТ

**дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата
фізико-математичних наук**

ДОНЕЦЬК - 1996 р.

39

Робота виконана на кафедрі фізики твердого тіла та фізики
ного матеріалознавства **ЛННБ України ім.В.Стефаника**
тету.



00757313 (Q)

Наукові керівники:

доктор фізико-математичних наук,
професор, академік АНВШ України
Бажин А.І.,
доктор фізико-математичних наук,
професор **Милославський О.Г.**

Офіційні опоненти:

доктор фізико-математичних наук,
професор **Ковтун М.М.**,
доктор фізико-математичних наук,
професор **Стиров В.В.**

Ведуча організація:

Донецький фізико-технічний Інститут АН
України

Захист відбудеться "25" грудня 1996 р.
о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої ради
К 068.06.01 Донецького державного університету за адре-
сою: 340055, Донецьк-55, вул. Університетська, 24, ДонДУ,
головний корпус.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці ДонДУ.
Автореферат розіслано "22" листопада 1996 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради К 068.06.01
кандидат фізико-математичних наук

О.Е.Зюбанов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. При бомбардуванні твердих тіл прискореними іонами спостерігається ряд вторинних процесів: розпилення атомів мішені, розсіяння частинок первинного пучка, вторинна іонна і електронна емісія, електромагнітне випромінювання. В області низьких і середніх енергій налітаючих іонів (1-100 кеВ) виділяють по меншій мірі п'ять типів взаємодії з поверхнею, супроводжуючих оптичним випромінюванням.

Перший з них зв'язаний з вибиванням і розпиленням при одночасному електронному збудженні і подальшому випромінюванні частинок мішені. Частина частинок, вибитих з перших моношарів твердого тіла, залишають поверхню у збудженому стані і випромінюють на таких відстанях від поверхні, коли впливом поверхні на оптичні переходи можна знехтувати.

У другому типі взаємодії оптичне випромінювання генерується із розсіяних частинок первинного пучка, як від першого моношару, так і від більш глибоких шарів.

В оптичних спектрах можуть спостерігатися широкі смуги люмінесценції при збудженні налітаючими іонами поверхні і об'єму твердого тіла. Іонолюмінесценція виникає завдяки розпаду екситонів і рекомбінації електронно-діркових пар на власних, примісних, радіаційних дефектах твердого тіла, протіканню на поверхні випромінювальних реакцій поміж радикалами, утвореними при бомбардуванні. Взаємодія налітаючих іонів з атомами і молекулами домішок і приповерхневих забруднень призводить до збудження оптичних спектрів, які можуть бути використані в методі кількісного спектрального аналізу. Випромінювання спостерігається на поверхні, в об'ємі і над поверхнею твердого тіла.

Нарешті в спектрах твердих тіл, збуджуваних іонами, може спостерігатися в деяких випадках безперервне випромінювання в процесі розпилення іонами. Це недостатньо вивчене явище спостерігається над поверхнею твердих тіл і характерне для металів з незаповненими d і f -оболонками.

В теперішній час метод іонолюмінесценції (ІЛ) і іонно-фотонної емісії (ІФЕ) став застосовуватися у комплексних дослідженнях, присвячених з'ясуванню впливу дефектів кристалічної решітки на фізичні властивості багатьох перспективних неорганічних матеріалів. Тому розвиток цього метода представляє теоретичний і практичний інтерес.

Метою роботи є подальший розвиток методу ІЛ для досліджень впливу точкових дефектів на фізичні властивості неорганічних матеріалів на прикладі сполучень металів другої групи з неметалами (промислові люмінофори) і мінеральних кварців; розробка механізмів ІЛ, іонно-фотонної емісії (ІФЕ) і іонно-фотонної спектроскопії (ІФС) на прикладі досліджень бінарних сплавів.

Автор роботи захищає: - методику калібровки апаратури для досліджень ІЛ і ІФЕ неорганічних матеріалів;

- результати експериментальних досліджень залежностей ІФЕ сплавів від вмісту компонентів;

- матеріали комплексних досліджень мінеральних кварців (іоно-, фото- і термолюмінесценція, оптичне поглинання);

- результати досліджень радіаційної стійкості і оптичних властивостей промислових люмінофорів за допомогою ІЛ.

Новина наукових результатів.

- Уперше показано, що метод ІЛ і ІФЕ може бути успішно використаний для досліджень фізичних властивостей практично важливих неорганічних матеріалів (промислових люмінофорів, мінеральних кварців, бінарних сплавів).

- Уперше метод ІЛ застосований як інструмент досліджень радіаційної стійкості промислових люмінофорів.

Наукова і практична цінність.

В роботі показано, що ІФС може бути використана для діагностики елементного складу твердих тіл.

Використання ІЛ сукупно з іншими методами досліджень дозволило розкрити механізм впливу власних дефектів кристалічної решітки промислових кварців на їх оптичні властивості і зняти ряд суперечностей у трактовці літературних даних. ІЛ може бути використана при дослідженні

механізму люмінесценції промислових люмінофорів та їх радіаційної стійкості.

Достовірність досліджень забезпечена завдяки застосуванню різних методик і ретельному порівнянню одержаних результатів досліджень між собою. Була проведена достатня атестація зразків. Застосовувався мас-спектрометричний і фазовий аналізи. Застосовувалась сучасна апаратура і методики, проводилась статистична обробка експериментальних результатів, оцінювалась похибка вимірювань.

Розрахунки дефектної структури кристалів проводилися за допомогою перевіреної на практиці теорії розупорядкування кристалів. Для інтерпретації експериментальних результатів залучались зонна теорія і теорія поляронів.

Така система досліджень фізичних властивостей неорганічних матеріалів підтвердила коректність теоретичних допущень і обмежень, прийнятих при інтерпретації експериментальних результатів.

Апробація роботи і публікації.

Матеріали дисертації доповідалися на всесоюзних конференціях “Взаимодействие атомных частиц с твердым телом” (Мінськ, 1984 р.; Москва, 1989 р.), всесоюзному семінарі “Диагностика и проблемы применения спектрального анализа” (Ленінград, 1988 р.), всесоюзних нарадах-семінарах “Диагностика поверхности ионными пучками” (Донецьк, 1988 р.; Одеса, 1990 р.; Харків, 1991 р.; Запоріжжя, 1992 р.); всесоюзній нараді по хемілюмінесценції (Рига, 1990 р.); Всесоюзній конференції по емісійній електроніці (Ленінград, 1990 р.); IX Міжнародній конференції з радіаційної фізики і хімії неорганічних матеріалів (Томськ 1996 р.). З матеріалів роботи опубліковано 16 тезисів доповідей і 6 статей.

Структура і об'єм дисертації. Дисертація складається із вступу, чотирьох глав, висновків та списку літератури. Загальний об'єм роботи складає 187 сторінок друкованого тексту, включаючи 61 малюнок, 10 таблиць та список літератури із 172 найменувань.

КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі сформульована проблематика і мета теперішнього дослідження, дана загальна характеристика роботи, показана її актуальність.

У першій главі дається огляд літератури з дослідження іонолюмінесценції і іонно-фотонної емісії цинк-сульфідних і лужно-галоїдних сполучень. На основі приведеного огляду формулюються конкретні завдання теперішньої роботи.

У другій главі описані експериментальні методи дослідження іонно-фотонної емісії і іонолюмінесценції твердих тіл, методики приготування і атестація зразків, методика вимірювання спектрів оптичного відбиття, фото- і термолюмінесценції.

Для досліджень ІФЕ і ІЛ була споруджена апаратура, яка відповідає конкретним цілям експерименту.

Вона складалася із слідуючих головних вузлів: джерело іонів, камера зразка, система диференційної вакуумної відкачки, спектральний прилад з детектором випромінювання, система підсилення, обробки сигналів та запису спектрів. Магніторозрядний насос забезпечував залишковий тиск у камері не гірше, як $1 \cdot 10^5$ Па. Пучок прискорених іонів активних і інертних газів (H^+ , He^+ , O^+ , Ar^+) формувався газорозрядним високочастотним джерелом. Енергію іонів можна було плавно змінювати від 200 еВ до 10 кеВ. Система формування пучка дозволяла змінювати щільність струму пучка на мішені від 1 мкА/см² до 200 мкА/см² і виключала попадання на мішень прискорених нейтральних компонентів, утворених внаслідок перезарядки іонів.

В якості спектрального приладу використовувався монохроматор МДР-4. Інтенсивність спектральних ліній і смуг, виділених монохроматором, реєструвалась за допомогою фотопомножувача ФЕП-106. Сигнали з фотопомножувача реєструвались лічильною установкою рентгенівського спектрометра ССС. Для запису спектрів використовувався двокоординатний самозаписувач ПДС-21. Юстування оп-

тичної системи експериментальної установки і фіксація осі монохроматора проводилась за допомогою гелій-неонового лазера ЛГ-78.

Оптична схема реєстрації ІФЕ приведена на мал.1. Плоский світний шар вирізався із загального ореолу за допомогою двох щілин S_1 і S_2 . Кварцева лінза L_1 розташовувалася на подвійній фокусній відстані від осі пучка іонів I^+ і вхідної щілини монохроматора МХ. Досліджуваний зразок М поміщався на безлюстровому сільфонному маніпуляторі і міг переміщатися в будь-якому радіальному і азимутальному напрямку. Апертурні діафрагми D_1 і D_2 дозволяли одержувати пучок іонів з кутовим розходженням менш $0,5^\circ$.

Калібрування системи реєстрації оптичного сигналу проводилось у видимій області за допомогою лампи СІ-200У з відомою кольоровою температурою і лампи Phillips в УФ-області. Крім того, додатково для калібрування спектральної апаратури використовувалось стандартне радіоактивне люмінесцентне джерело Р-483. Пашпортні дані містили повне число квантів, випромінюване цим джерелом за одиницю часу з відомим спектральним розподілом. Виходячи з калібровочної кривої, обчислювалися коефіцієнти для коректування спектрів ІЛ.

Третя глава присвячена дослідженню іонно-фотонної емісії Cu-Zn. В ній обговорені головні положення по використанню методу ІФЕ для діагностики елементного складу твердих тіл. Досліджені кутові залежності іонно-фотонної емісії сплаву Cu-Zn і полікристалічного кобальту і вплив енергії бомбардування на іонно-фотонну емісію сплавів Cu-Zn. Використання методу ІФС для кількісного елементного аналізу бінарного сплаву розглядається на прикладі латуні з вмістом цинка і міді $C_1/C_2 = 0,064; 0,12; 0,2; 0,34; 0,41; 0,43; 0,56; 0,67; 0,82$ і $0,92$. Вихідний склад зразка контролювався рентгенівським методом. В теперішній час не існує теоретичної моделі, дозволяючої за результатами вимірювань інтенсивностей ліній у спектрі ІФЕ визначити концентрації елементів для широкого діапазону їх зміни. Труднощі зв'язані з селективністю розпилення багатокomпонентних

сполучень іонним пучком, а також з "матричним ефектом", тобто залежністю ймовірності збудження розпиленних атомів від складу і концентрації навколишніх частинок. Тому у цій главі було з'ясовано, як впливають на зміну інтенсивностей спектральних ліній елементів сплаву зміна складу сплаву, енергії і гатунку пучка іонів, флуенсу, кута бомбардування. На мал.2 в якості прикладу приведена залежність відношення сигналу I_{Cu}/I_{Zn} при бомбардуванні сплаву Cu-Zn (62 ваг. % Zn) іонами Ar^+ . Видно, що в діапазоні $20^0 - 40^0$ на відношення інтенсивностей ліній міді і цинку слабо впливає зміна кута бомбардування. Якщо зафіксувати енергію пучка іонів E_0 , то для латуні:

$$\left(\frac{I_{Cu}}{I_{Zn}} \right)_{E_0} = \text{const} \frac{P_{Cu}(\varphi, C)}{P_{Zn}(\varphi, C)} \quad (1),$$

де $P(\varphi, C)$ - ймовірність збудження розпиленних атомів.

Одержана залежність дозволяє за результатами вимірювань визначити відношення функцій збудження атомів Cu і Zn.

На прикладі кобальту було з'ясовано вплив поліморфних перетворень на кутову залежність ІФЕ при різних умовах бомбардування. На кутову залежність інтенсивності ІФЕ напівкристалічного кобальту чинить вплив модифікація поверхні в результаті рекристалізаційного відпалу, але при збільшенні енергії бомбардуючих іонів до 6 кеВ і вище цим впливом можна знехтувати.

Усі вимірювання проводилися в умовах сталих інтенсивностей спектральних ліній. Цим виключалась з розгляду динаміка ефекту селективного розпилення у процесі вимірювань і важка для теоретичного обліку кінетика визваних еволюцією профілю концентрацій фазових перетворень, які супроводжують формування зміненого шару. Стаціонарно інтенсивність спектральної лінії I_i для i -го елемента в багатокомпонентному зразку можна подати у факторизованому по розпиленню і збудженню вигляді:

$$I_{Cu} = k_i P_i(E_0, C, \varphi) S_i(E_0, C, \varphi) C_i(E_0, \varphi) \quad (2),$$

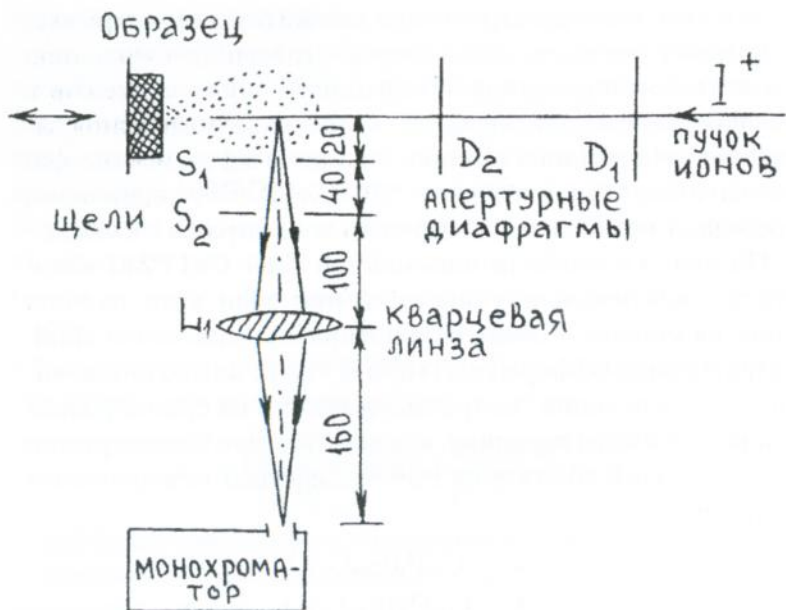
де k - постійна ресстрації, яка залежить від геометрії експерименту і не залежна від енергії первинного пучка іонів E_0 , кута бомбардування Φ і вихідного вмісту елементів в досліджуваному зразку; C_i, C_j - символічне позначення залежності відповідних величин і процесів від елементно-фазового стану зміненого шару; $S_i(E_0, C, \Phi)$ і $C_i(E_0, \Phi)$ - відповідно коефіцієнт розпилення і поверхнева концентрація елемента.

На мал. 3 в якості інтенсивностей ліній CuI і ZnI використані максимальні їх значення при зміні кута падіння іонів на мішень. Узявши відношення інтенсивностей ліній, розрахованих по формулі (1) при $\Phi = \text{const}$ можна виключити з розгляду вплив "матричного ефекту" на процес розпилення і отримати величину, яка дає уяву про безпосередню зміну функцій збудження при модифікації поверхневого шару зразку.

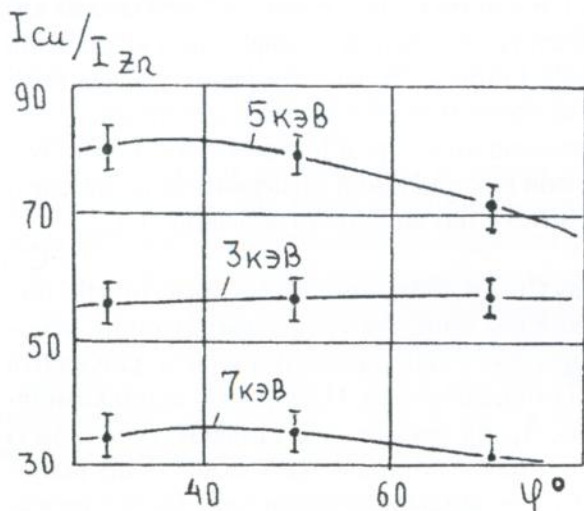
$$\frac{I_i}{I_j} = \frac{C_{i0} P_i(E_0, C, \Phi)}{C_{j0} P_j(E_0, C, \Phi)} \quad (3).$$

Спостерігаючи лінійну залежність $I_{Cu}/I_{Zn} = f(C_{Zn})$, при збудженні латуней іонами гелію з енергією 7 кеВ можна використати у якості градуйованого графіку при визначенні концентрацій міді і цинку. Проте, при інших умовах бомбардування ця залежність відрізняється від лінійної.

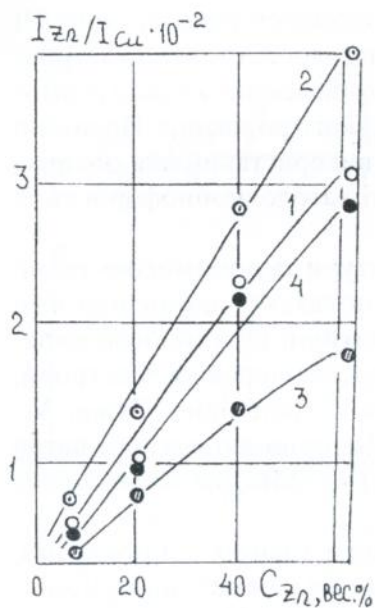
Була запропонована модель розпилення з утворенням збуджених атомів, у якій використаний експериментальний факт, котрий полягає в тому, що залежність величини $I_1 \cdot C_{O_2} / I_2 \cdot C_{O_1}$ від складу сплаву $Cu-Zn$ добре апроксимується гіперболою (мал.4). Це дозволило записати трьохпараметричну феноменологічну формулу, у якій параметри моделі набувають фізичний зміст і обчислюються. Наприклад, якщо виміряно відношення I_{Zn}/I_{Cu} на зразках, які складаються цілком із Zn і цілком із Cu , модель дозволяє здобути величину відношення коефіцієнтів розпилення компонентів. Було одержано відношення $S_{Zn}/S_{Cu} = 1.62$, яке добре узгоджується з літературними даними.



Мал. 1. Оптична схема вимірювань.

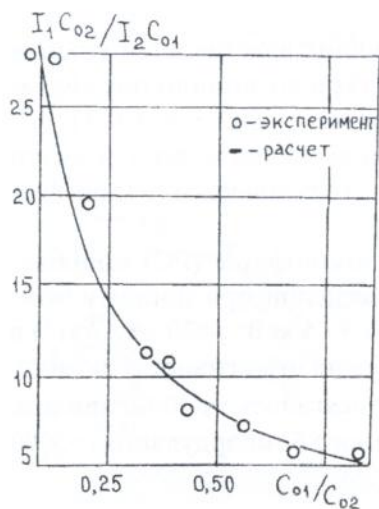


Мал. 2. Залежність I_{Cu}/I_{Zn} при бомбардуванні сплаву $Cu + 62$ ваг.% Zn іонами Ag^+ від кута бомбардування φ .



Мал. 3. Відношення максимальних інтенсивностей ліній ZnI та CuI при бомбардуванні іонами:

- 1 - He^+ , 5кеВ;
- 2 - He^+ , 7кеВ;
- 3 - Ar^+ , 5кеВ;
- 4 - Ar^+ , 7кеВ.



Мал. 4. Залежність величини $I_1 C_{02} / I_2 C_{01}$ від складу сплаву Cu-Zn.

У четвертій главі показані можливості використання ІЛ при дослідженні оптичних властивостей нестехіометричних сполучень на прикладі люмінофорів $Zn_2SiO_4<Mn>$ та $ZnS<Mn>$ і кварців Киштимського родовища. Показано також, що метод ІЛ може бути використаний для експресної оцінки радіаційної стійкості катодолюмінофорів та їх захисних покриттів.

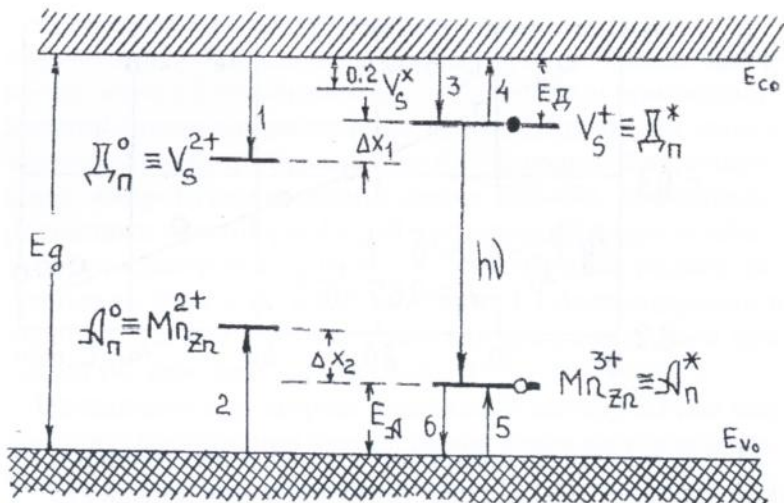
Розрахунки дефектної структури за допомогою теорії розупорядкування кристалів показали, що основними дефектами, відповідними за оптичні властивості, являються вакансії сірки V_S^{2+} та V_S^+ які, захоплюючи електрони, перетворюються у дефекти V_S^+ та V_S^x відповідно. Отже, V_S та Mn_{Zn} можуть створювати донорно-акцепторні пари: $(V_S^{2+}-Mn_{Zn}^{2+})$ в основному стані; $(V_S^+-Mn_{Zn}^{3+})$ в збудженому стані.

За допомогою температурного гасіння ІЛ показано, що випромінювальна рекомбінація в межах донорно-акцепторної пари описується моделлю Пренера-Еппла-Вільямса. Побудована енергетична діаграма люмінофора $ZnS<Mn>$ (мал.5).

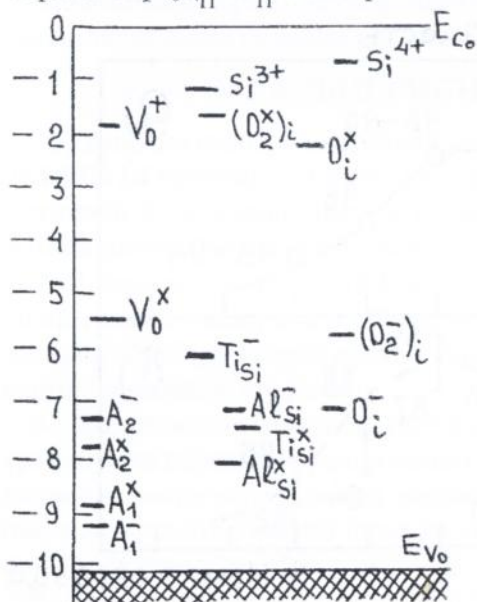
Комплексні дослідження оптичних властивостей кварців і розрахунки їх дефектної структури дозволили побудувати енергетичну діаграму легованого $\alpha-SiO_2<Al,Cu,Ti,O_i,(O_2)_i>$ (мал.6), за допомогою якої можна пояснити смуги оптичного поглинання, іоно- і фотолюмінесценції (див. висновки).

Радіаційна стійкість катодолюмінофорів (PC) оцінювалася по кінетиці гасіння люмінесценції при іонному бомбардуванні (He^+, Ag^+, H^+ ; енергія 3 - 5 кеВ, $j=20$ мкА/см²) в безперервному режимі. Зменшення інтенсивності люмінесценції до 30% від початкової досягалось за 40-60 хвилин, що суттєво менше часу електронного бомбардування (~5000 годин).

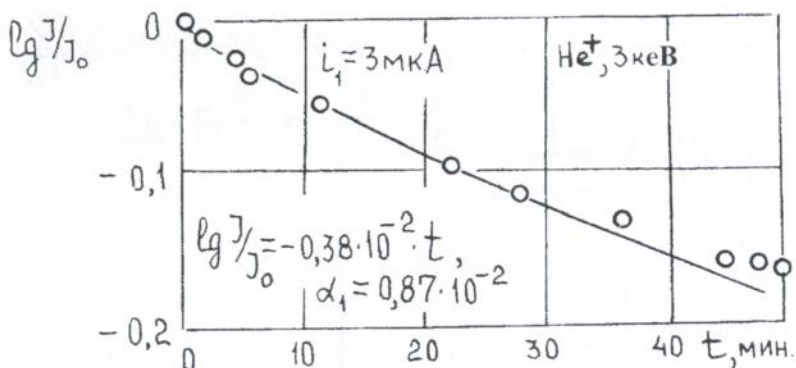
Ці результати дозволяють стверджувати, що за допомогою ІЛ можна успішно моделювати процес старіння люмінофорів (мал.7).



Мал. 5. Розміщення енергетичних рівнів донорно-акцепторних пар ($D_{II} - A_{II}$) в забороненій зоні $ZnS<Mn>$.

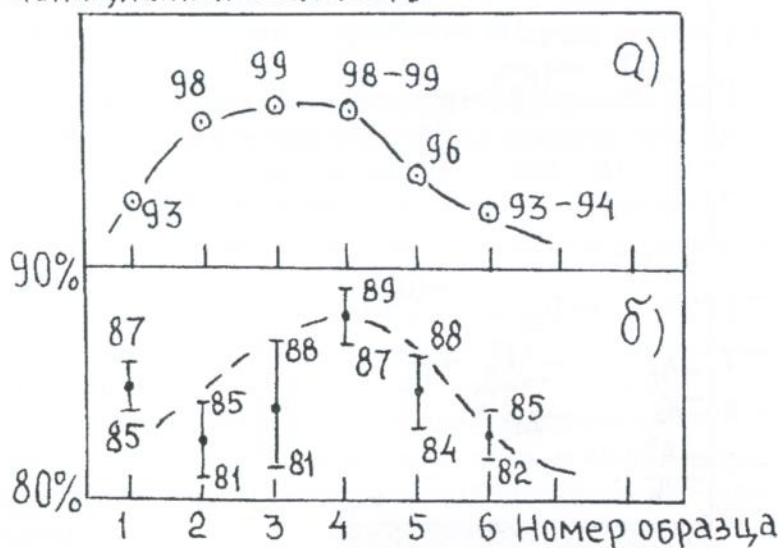


Мал. 6. Розміщення різних рівнів в забороненій зоні $\alpha - SiO_2$ ($T=293^0K$, A_1 та A_2 - рівні акцепторної домішки Cu^+).



Мал.7. Залежність логарифму відносної інтенсивності ІЛ люмінофора КСО-1 від часу бомбардування іонами He^+ .

Радиационная стойкость



Мал.8. Зрівняльна оцінка радіаційної стійкості 6-ти різних люмінофорів методом ІЛ (а) та КЛ (б).

Для підвищення РС промислових люмінофорів їх піддають усіякій хімічній обробці, ефективність якої визначається багатогодинними дослідженнями при бомбардуванні електронним пучком. Метод ІЛ дозволяє скоротити строки випробування до 1,5 - 2 годин. Так, наприклад, випробування люмінофорів КС-450, оброблених розчинами кальційфосфатів і цинксилікатів, при бомбардуванні електронним пучком дали значний розкид результатів. Результати РС по даних ІЛ були одержані в перебігу одного робочого дня і розкид був тільки при оцінці РС шостого зразка (мал.8).

Це свідчить про широкі можливості методу ІЛ для експресного дослідження катодолюмінофорів на строк служби, так як встановлено, що їх старіння у кінескопах відбувається головним чином внаслідок бомбардування іонами залишкових газів.

В закінченні приводиться загальний аналіз основних результатів дисертаційної роботи.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Утворена експериментальна установка для дослідження ІФЕ і ІЛ простих речовин і складних сполучень, а також методика її калібрування для коректування спектрів випромінювання і визначення квантового виходу ІФЕ і ІЛ.

2. Показано, що метод ІФЕ можна успішно застосовувати при елементному аналізі бінарних сплавів шляхом оптимального вибору енергії пучка і типу іонів, кута бомбардування і щільності струму.

3. Запропонована модель ІФЕ бінарного сплаву Cu-Zn, ураховуюча переважне розпилення і "матричний ефект", яка дозволяє визначати в межах визначеної фази, концентрацію компонентів у сплаві шляхом вимірювання спектральних характеристик ІФЕ.

4. Запропонована модель ІФЕ бінарного сплаву Cu-Zn, дозволяє визначити відношення коефіцієнтів розпилення компонентів в умовах переважного розпилення іонним пучком.

5. Комплексні дослідження оптичних властивостей кварців (ФЛ, ІЛ, ТСЛ, ОП і електропровідність) дозволили побудувати зонну схему легованого α - SiO_2 і з її допомогою пояснити спостерігаючі смуги оптичного поглинання і люмінесценції. Метод ІЛ дав додаткові відомості про місце знаходження максимумів смуг, а кінетичні залежності смуг ІЛ уточнили нашу уяву про дефектну структуру кварців.

6. Дослідження температурного гасіння люмінесценції $\text{ZnS} \langle \text{Mn} \rangle$ при бомбардуванні низькоенергетичними іонами (He^+ , H^+ , $E_0 = 3 - 5 \text{ кеВ}$) дозволило побудувати модель донорно-акцепторних пар в зазначеному сполученні і розрахувати розташування їх енергетичних рівнів у забороненій зоні, а також пояснити основні типи випромінювальних переходів у рамках запропонованої моделі донорно-акцепторних пар ($D_{\text{II}} - A_{\text{II}}$), або ($V_{\text{S}}^+ - \text{Mn}_{\text{Zn}}^{3+}$).

7. Показано, що метод ІЛ може бути використаний для експресної оцінки радіаційної стійкості катодолюмінофорів та їх захисних покриттів.

Основні результати дисертації опубліковані у слідуючих роботах:

1. Конопелько Е.И., Нафеев Р.К., Ткаченко М.С. Температурная зависимость ионнолюминесценции активированных щелочно-галогидных кристаллов/ В кн. Материалы VII всесоюзной конф. Взаимодействие атомных частиц с твердым телом.- Минск.-1984, ч.1. - С. 281 - 282.

2. Нафеев Р.К., Шестов В.П., Яблуков Б.Г. Влияние угла бомбардировки на ионно-фотонную эмиссию латуни/ В кн. Тезисы докл. Всесоюзного совещания-семинара "Диагностика поверхности ионными пучками". - Донецк. - 1988. - С.33.

3. Козель В.В., Яблуков Б.Г., Нафеев Р.К. Угловые зависимости ионно-фотонной эмиссии кобальта/ В кн. Тезисы докл. Всесоюзного совещания-семинара "Диагностика поверхности ионными пучками". - Донецк.- 1988.- С.34.

4. Жадько В.Ю., Нафеев Р.К., Шестов В.П. Влияние энергии бомбардировки на ИФЭ сплавов Cu-Zn/ В кн. Матери-

алы IX Всесоюзной конф. "Взаимодействие атомных частиц с твердым телом". - Москва. - 1989, т.1.- С. 286 - 287.

5. Брик О.Г., Малиненко Е.М., Сунцов М.В., Нафеев Р.К. Исследование ионолюминесценции ZnS-Ag при возбуждении атомами и ионами водорода/В кн. Тезисы докл. III Всесоюзн. совещания по хемилюминесценции.- Рига.- 1990.- С.142.

6. Брик О.Г., Малиненко Е.М., Сунцов М.В., Нафеев Р.К. Радиационная стойкость люминофоров с различной поверхностной химобработкой при возбуждении атомами и ионами водорода /В кн. Тезисы докл. III Всесоюзн. совещания по хемилюминесценции.- Рига.- 1990.- С.143.

7. Брик О.Г., Малиненко Е.М., Савченко А.С., Нафеев Р.К. Использование ионолюминесценции для прогнозирования радиационной стойкости промышленных люминофоров/ В кн. тезисы докл. Всесоюзного совещания-семинара "Диагностика поверхности ионными пучками".- Одесса.- 1990.- С.139-140.

8. Бажин А.И., Нафеев Р.К., Шестов В.П. Особенности ионно-фотонной эмиссии сплавов Cu-Zn/ В кн. Тезисы докл. XXI Всесоюзной конф. по эмиссионной электронике.- Ленинград.- 1990.- С.202.

9. Милославский А.Г., Сунцов Н.В., Подлужный В.В., Нафеев Р.К. Природа центров свечения в спектрах рентгенолюминесценции ZnS Ag,Cl //Научн. Тр. ВНИИЛюминофоров,-1990.-Вып.39.-С.79-84.

10. Жадько В.Ю., Нафеев Р.К., Панеш А.М., Шестов В.П. Влияние энергии бомбардировки на ионно-фотонную эмиссию сплавов Cu-Zn// Поверхность.-1991.-N 9.-С.142-145.

11. Бажин А.И., Жадько В.Ю., Нафеев Р.К., Шестов В.П. Использование метода ИФС для количественного элементного анализа поверхности бинарного сплава на примере латуни-/В кн. Тезисы докл. VI Всесоюзного совещания-семинара "Диагностика поверхности ионными пучками.- Харьков.-1991.-С. 194-196.

12. Bazhin A.I., Nafeev R.K., Panesh A.M., Suchanska M., Shestov V.P. Ion-photon emission of Cu-Zn alloy//Nuclear Instrum. and methods in Physics Research.-1992.-V.B67.-P.624-627.

13. Лисичкин И.Н., Малиненко Е.М., Сунцов Н.В., Нафеев Р.К. Диагностика качества поверхности промышленных люминофоров с помощью ионолюминесценции/В кн.Тезисы докл. совещания-семинара "Диагностика поверхности ионными пучками".-Запорожье.-1992.-С.24.

14. Жадько В.Ю., Шестов В.П., Нафеев Р.К. Метод автоматизированного качественного элементного анализа многокомпонентных соединений для ионно-фотонного спектрометра/В кн.Тезисы докл. совещания-семинара "Диагностика поверхности ионными пучками".- Запорожье. - 1992.-С.77-78.

15. Малиненко Е.М., Нафеев Р.К., Сунцов Н.В. Моделирование процесса старения люминофоров при ионной бомбардировке/В кн. Тезисы докл. IX Международной конф. по радиационной физике и химии неорганических материалов.-Томск.-1996.-С.258.

16. Сунцов Н.В., Малиненко Е.М., Нафеев Р.К. Контроль качества химобработки поверхности люминофоров методом ионолюминесценции/ В кн. Тезисы докл. IX Международной конф. по радиационной физике и химии неорганических материалов.-Томск.-1996.-С.368.

АННОТАЦІЯ

Нафеев Р.К. "Іонолюмінесценція і іонно-фотонна емісія сполучень на основі металів другої групи."

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю - 01. 04. 07 - фізика твердого тіла. Донецький державний університет, Донецьк, 1996.

Захищаються матеріали 16 наукових робіт, в яких містяться комплексні дослідження сполучень на основі металів другої групи методом іонолюмінесценції (ІЛ) та іонно-фотонної емісії (ІФЕ). Досліджена ІФЕ бінарного сплаву Cu-Zn та запропонована модель ІФЕ, яка дозволяє визначити відношення коефіцієнтів розпилення компонентів іонним пучком. Іонолюміне-

сценція використана для дослідження оптичних властивостей кварців, радіаційної стійкості промислових люмінофорів та їх захистних покриттів, а також для вивчення механізму внутрішньо-центрової люмінесценції люмінофора $ZnS < Mn >$.

ABSTRACT

Nafeev R. K. " Ionluminescence and ion-photon emission of the compounds on the second group metals base. "

This dissertation is submitted for candidate's degree in physics and mathematics speciality 01. 04. 07 - physics of solids. Donetsk State University, Donetsk, 1996.

Sixteen scientific works are presented. They contain complex research into the compounds on the second group metals base by method of ionluminescence and ion-photon emission (IPE). Ion-photon emission of binary alloy Cu-Zn has been investigated and IPE models is suggested, which allows to determine the coefficient ratio of sputtered components under condition of selective sputtering by ion beam. Ionluminescence was used in the investigation of quartz optic properties, radiation resistivity of the industrial luminophors and their protective surface covers and for studying of the internal center luminescence mechanism of $ZnS < Mn >$ luminophore.

КЛЮЧОВІ СЛОВА.

Іонно-фотонна емісія, іонолюмінесценція, моношари, оптичний спектр, інтенсивність, концентрація, ймовірність збудження, флуенс, розпилення, нестехіометричність, дефекти, кварц, радіаційна стійкість, люмінофор, донорно-акцепторна пара.

Підписано до друку 27.10.96 . Формат 60x84 1/16.
Об'єм 1,6 умовних друк. аркушів.
Замовлення № 112. Тираж 100 екз.
Видавництво «ЮГО-ВОСТОК» м. Донецьк.

437860

AB 36.382