

КИЇВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. Т. Г. ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет, кафедра оптики

На правах рукопису

СУПРУНЕНКО Віктор Миколайович

Особливості оптичних нерівноважних явищ в напівпровідниках
з амфотерними центрами рекомбінації

Спеціальність 01.04.05

Оптика, Лазерна фізика

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата фізико-математичних наук

Київ - 1996



535, 84
535
Дисертація є рукопис.

Робота виконана на кафедрі оптики фізичного факультету Київсько-го університету ім.Т.Г.Шевченка

Науковий керівник: доктор фізико-математичних наук,
професор Вакулєнко Олег Васильович

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук,
професор Моцний Федір Васильович

доктор фізико-математичних наук,
професор Бродовий Володимир Антонович

Провідна організація: Інститут фізики НАН України
(м.Київ)

Захист відбудеться "23" зруд 1996 о 14³⁰ год. на засіданні Спеціалізованої Ради Д 068.18.15. фізичного факультету Київського університету ім.Т.Г.Шевченка (252127, Київ, просп. Акад. Глушкова, 6)

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотечі Київського університету ім.Т.Г.Шевченка

Автореферат розісланий "19" листопада 1996 р.

Вчений секретар Спеціалізованої Ради

Охріменко Б.А.

46-36.174

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Дисертація присвячена вивченню впливу багатозарядності домішок на спектроскопічні властивості напівпровідникових сполук типу A^2B^6 .

Актуальність теми

Різноманітність нерівноважних оптичних явищ визначається спектром енергетичних рівнів домішок в забороненій зоні напівпровідника та їх параметрами.

У зв'язку з цим актуальним є теоретичне та експериментальне дослідження залежності люмінесцентних властивостей напівпровідників від природи та параметрів домішкових центрів.

В багатьох випадках домішки, які присутні у напівпровідникових сполуках, проявляють амфотерні властивості.

На відміну від простих донорів або акцепторів АІ можуть знаходитися не в двох, а в декількох зарядових станах. Амфотерний центр виявляє як мінімум три зарядових стани: "0", "+" і "-". Ім відповідає два рівня - донорний ("+", "0") та акцепторний ("0", "-"). Так поводить себе, наприклад, Au в Si, де виявлено один донорний рівень ($E_v + 0.35$ eВ) і один акцепторний ($E_c - 0.54$ eВ).

Факт багатозарядності амфотерних центрів дуже суттєвий в нерівноважних процесах, у всіх явищах, чутливих до перезарядки домішки. Виходячи з цього можна запропонувати спосіб оперативного управління спектральними характеристиками напівпровідника, пов'язаними з присутністю амфотерних домішок, через оптичну перезарядку домішки.

Об'єктами спектроскопічних досліджень були вибрані кристали які використовуються для виготовлення сцинтиляторів, природа центрів яких ще недостатньо вивчена.

Актуальність роботи полягає також у тому, що дослідження амфотерних домішок вносить суттєвий внесок в рішення загальної проблеми глибоких рівнів і є важливим етапом в розумінні явищ компенсації і самокомпенсації напівпровідників, фізики нерівно-

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

важних процесів.

З приводу актуальності проблеми оперативного управління фотолюмінесценцією відзначимо, що спалахова та гасінна дія інфрачервоного (ІЧ) випромінювання на світіння фосфорів систематично досліджується у нашій країні і за кордоном починаючи з 40-х років у зв'язку з можливістю практичного використання явища стимуляції випромінювання для візуалізації ІЧ спектра.

Мета роботи полягала в дослідженні особливостей нерівноважних процесів в напівпровідниках легованих багатозарядними, зокрема амфотерними домішками та встановленні закономірностей впливу цих домішок на характер таких процесів. У зв'язку з цим необхідно було розв'язати такі завдання :

- дослідити кінетику домішкової люмінесценції в напівпровідниках з амфотерними центрами рекомбінації;

- дослідити температурну залежність домішкової люмінесценції в напівпровідниках з АЦ рекомбінації;

- вивчити вплив ІЧ випромінювання на люмінесценцію напівпровідників з АЦ рекомбінації.

- провести порівняння властивостей систем які включають амфотерні та звичайні домішки з глибокими рівнями залягання.

Наукова новизна роботи

Запропонована нова фізична модель процесів рекомбінації нерівноважних носіїв заряду в напівпровіднику з багатозарядними (зокрема амфотерними) центрами, які можуть виявляти як донорні так і акцепторні властивості, на відміну від традиційних моделей з незалежними донорними та акцепторними рівнями. Вперше проведено математичне моделювання люмінесцентних властивостей напівпровідників з амфотерними домішками. Проведене зіставлення отриманих теоретичних значень з експериментальними результатами показало, що наша модель досить добре описує аномалії в кінетиці і температурній залежності домішкової люмінесценції, дозволяє описати явище спалаху і гасіння люмінесценції без додаткового припущення про великий квантовий

вихід, яке необхідно при розгляді моделі незалежних донорів і акцепторів.

Практична цінність роботи

Отримані дані про характер прояву багатозарядності центрів повинні братися до уваги при дослідженні нерівноважних процесів захвату-рекомбінації нерівноважних носіїв заряду у напівпровідниках, а також при розробці технологій вирощування напівпровідникових матеріалів.

Комплексні дослідження по матеріалам дисертації дали можливість запрограмувати і реалізувати кристали з монотонною кінетикою. Це дало змогу значно покращити техніко-експлуатаційні показники сцинтиляторів, які виготовляються на основі селеніду цинку і використовуються у детекторах рентгенівського та γ -випромінювання.

Основні положення що виносяться на захист:

- немонотонна поведінка в кінетиці та температурній залежності люмінесценції, а також спалахова та гасінна дія ІЧ випромінювання на люмінесценцію пояснюється в моделі напівпровідника з одним (багатозарядним) центром рекомбінації.

- велике післясвітіння стандартних сцинтиляторів, виготовлених на основі селеніда цинка, обумовлене власними дефектами кристала, з властивостями багатозарядних центрів рекомбінації;

- кінетика впливу ІЧ світла на фотолюмінесценцію ZnSe обумовлена багатозарядним центром рекомбінації.

Особистий вклад автора

Шляхом математичного моделювання фізичних процесів у напівпровідниках з амфотерними домішками автором отримані результати, які пояснюють особливості у кінетиці та температурній залежності люмінесценції, а також пояснюють явище спалаху та згасання люмінесценції під дією ІЧ світла.

Крім цього автором самостійно проведені експериментальні дослідження спектрів фотолюмінесценції та фотопровідності, і спільно з співавторами проведено аналіз отриманих результатів.

Апробация роботи

Основні результати дисертації доповідались та обговорювались на таких конференціях та семінарах :

- конференції молодих вчених Закарпаття (м.Ужгород, 1990);
- XII Всесоюзній конференції з фізики напівпровідників (м.Київ, 1990);
- Науково-практичному семінарі в м.Каменець-Подільському (1992);
- Міждержавній конференції "Сцинтилятори-93" (м.Харьків, 1993);
- Міжнародній конференції з фізики напівпровідників(оптичні методи діагностики матеріалів і виробів мікро-, опто- і квантової електроніки)(м.Київ, 1993).

Публікації по темі дисертації

Основні результати дисертації опубліковані у 10 друкованих працях.

Структура та об'єм роботи

Дисертація складається із вступу і 3 розділів і викладена на 103 сторінках машинописного тексту, 26 малюнків та 2 таблиці. Список літератури містить 95 найменувань.

КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується вибір напрямку досліджень, показана актуальність теми, сформульовані мета та задачі роботи, визначені об'єкти досліджень та методи їх проведення, відображена наукова новітність отриманих результатів, наведені положення, що виносяться на захист.

В першому розділі приведено огляд літературних даних, присвячених процесам захвату та рекомбінації носіїв заряду у напівпровідниках.

У широкозонних напівпровідниках рекомбінація відбувається переважно через проміжні стани-рівні різних центрів. Вияснення ролі цих центрів в процесах рекомбінації та прилипання, визначення їх параметрів, якісний і кількісний описи деталей про-

цесів, що дає можливість встановити схему електронних переходів, вичерпує феноменологічний опис нерівноважних процесів, які обумовлюють велику кількість фотолюмінесцентних та фотоелектричних явищ у напівпровідниках.

Достатньо загальна схема електронних переходів, котра прилучається для пояснень процесів рекомбінації у частково скомпенсованих напівпровідниках, наприклад, n -типу, містить два типи центрів так званої "повільної та "швидкої" рекомбінації (відповідно r - і s - центри) та один тип центрів прилипання "ловушок" основних носіїв (t). Схема, що містить велику кількість рівнів рекомбінації та ловушок, за певних умов (температурі, інтенсивності збудження зразка), коли мілкі рівні спустошені, може бути зведена до попередньої схеми.

Досить прості розв'язки кінетичних рівнянь можуть бути отримані в ряді окремих випадків, в яких, по суті, розглядаються дворівневі моделі. Наприклад, для пояснення особливостей люмінесценції, пов'язаних з присутністю ловушок залучається так звана схема зовнішнього гасіння, яка містить один тип центрів випромінювальної рекомбінації (r) і один тип ловушок (t).

При поясненні спалахової дії ІЧ світла в різноманітних фізичних ситуаціях застосовувались різні моделі: з одним і більше рівнями локалізації носіїв, із врахуванням комплексів, які утворюють нейтральна ловушка та іонізований центр світіння, або донорно-акцепторні пари, у котрих роль ловушок відіграють вказані пари з великою відстанню між донором та акцептором.

Для пояснення ІЧ чутливості люмінесценції в першому наближенні використовується схема з одним типом центрів випромінювальної і одним типом центрів безвипромінювальної рекомбінації. Суттєвим недоліком цієї моделі є те, що тут потрібно робити припущення про високий квантовий вихід люмінесценції, а також припускати, що донорні та акцепторні рівні знаходяться у приблизно однаковій концентрації, а в кінетичних рівняннях відсутній член, що описує дифузійну швидкість електрона чи

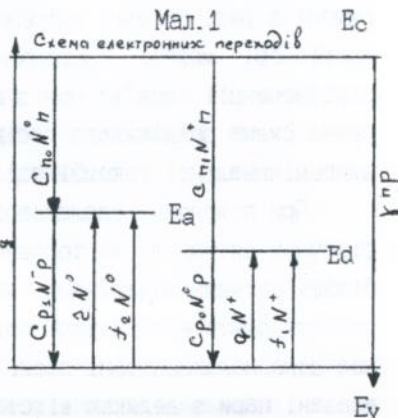
дірки.

При аналізі результатів досліджень по рекомбінації у монокристаллах ZnSe(Te) виявлено що оптичні властивості монокристалів характеризуються власними точковими дефектами структури. Розуміння дефектної структури кристалів, отриманих з різним ступенем віхилення від стехіометрії дозволяє більш широко використовувати можливості їх легування.

Оскільки власні дефекти відповідають за поведінку люмінесценції то потрібно враховувати природу цих дефектів. І хоча в літературі і є данні що центри рекомбінації можуть бути багатозарядними, однак ця властивість при аналізі спектрів люмінесценції, її кінетики, впливу ІЧ підсвітки - не враховувалась.

У другому розділі наведено результати математичного моделювання фізичних процесів рекомбінації у напівпровідниках з амфотерними домішками.

Як вже було сказано, амфотерний центр виявляє як мінімум три зарядових стани: "0", "+", "-", яким відповідають два рівні - донорний ("+", "0") і акцепторний ("0", "-"). На відміну від простих воднеподібних центрів акцепторні рівні амфотерних центрів знаходяться, як правило, вище за донорні (мал.1).



Розглянемо схему електронних переходів у широкозонному некомпенсованому напівпровіднику з амфотерною домішкою, яка утворює два рівні в забороненій зоні - донорний та акцепторний. У цьому випадку кінетику рекомбінації носіїв заряду можна описати такою системою рівнянь:

$$dn/dt = g - C_{n0}N^0n - C_{n1}N^+n - \gamma np \quad (1)$$

$$dN^0/dt = C_{n0}N^0p - C_{p1}N^-p + rN^0 + f_2N^0 \quad (2)$$

$$dN^+/dt = C_{p0}N^0p - C_{n1}N^+n - gN^+ + f_1N^+ \quad (3)$$

$$N^- + n = N^+ + p \quad (4)$$

$$N = N^0 + N^- + N^+ \quad (5)$$

де N^0 , N^- , N^+ - концентрація нейтральних, від'ємно та додатньо заряджених домішкових центрів, відповідно; N - повна концентрація амфотерних центрів; n - концентрація вільних електронів; p - концентрація вільних дірок; g - темп генерації електронно-діркових пар; C_{n0} , C_{n1} - коефіцієнти рекомбінації вільних електронів на нейтральних та додатньо заряджених центрах, відповідно; q , f_1 - ймовірності теплової і ІЧ нейтралізації N^+ - центра за рахунок електронних переходів із валентної зони на донорний рівень амфотерного центра, відповідно; r , f_2 - ймовірності теплового та ІЧ збудження електронів із валентної зони на акцепторний рівень амфотерного центра, відповідно; γ - коефіцієнт електронно-діркової рекомбінації.

Доцільно ввести безрозмірні величини:

$$X_1 = n/N; X_2 = N^-/N; X_3 = N^+/N; A = C_{n1}/C_{n0}; B = C_{p0}/C_{n0};$$

$$D = C_{p1}/C_{n0}; G = g/C_{n0}N; T = C_{n0}Nt; Q = q/C_{n0}N; R = r/C_{n0}N;$$

$$\Gamma = \gamma/C_{n0}N^2; F_1 = f_1/C_{n0}N; F_2 = f_2/C_{n0}N.$$

Тоді з урахуванням (4) і (5) отримаємо таку систему кінетичних рівнянь

$$dX_1/dT = G - X_1(1 - X_2 - X_3) - AX_1X_3 - \Gamma X_1(X_1 + X_2 - X_3) \quad (6)$$

$$dX_2/dT = X_1(1 - X_2 - X_3) - DX_2(X_1 + X_2 - X_3) + (R + F_2)(1 - X_2 - X_3) \quad (7)$$

$$dX_3/dT = B(1 - X_2 - X_3)(X_1 + X_2 - X_3) + AX_1X_3 - (Q + F_1)X_3 \quad (8)$$

Найбільш просто цю систему рівнянь можна розв'язати мето-

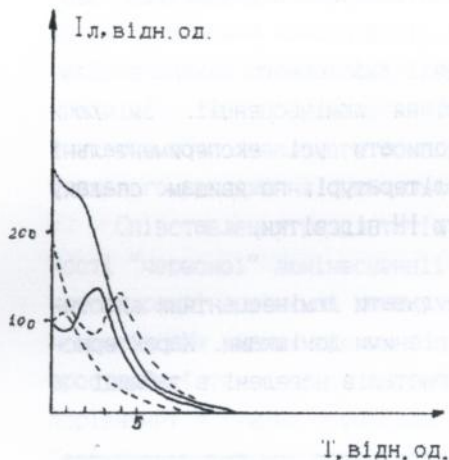
дом найшвидшого спуску.

В подальшому розглядається кінетика домішкової люмінесценції. Змінюючи параметри, які фігурують у кінетичних рівняннях, вдалося отримати аномалії у кінетиці згасання люмінесценції. Це добре видно на мал.2. При вимкненні збудження ($G=0$) люмінесценція затухає, потім розгорається і знову затухає. При вимкненні більш високого збудження G затухання та розгорання люмінесценції затягується в часі. При зростанні параметра Q (температурний викид дірок) аномалія в затуханні люмінесценції починає згладжуватися (крива 1, $Q=30$), так що при $Q > 100$ вона практично не спостерігається і затухання відбувається монотонно.

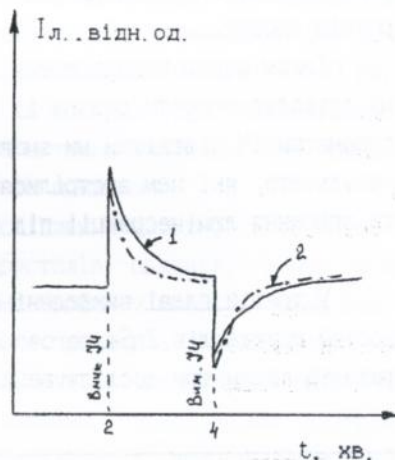
Подібні аномалії спостерігались при дослідженні кінетики рентгенолюмінесценції (РЛ) $ZnSe:Te$ при високих рівнях збудження. В літературі таку кінетику РЛ пояснюють участю не менше трьох процесів затухання, з постійними часу: 1 - 1.5; 7 - 10 і більше 50 нс. Причому відзначається, що для в'яснення природи центрів випромінювання, які обумовлюють появу цих компонент, потрібні подальші дослідження. Ми ж припустили, що особливості кінетики РЛ селеніда цинку можуть бути поясненими амфотерними властивостями центрів випромінювальної рекомбінації.

Далі розглядається температурна залежність домішкової люмінесценції. Отримано аномалії в температурній залежності люмінесценції типу спад-зростання-спад. Означені умови, за яких можна застосовувати стандартні методи дослідження для визначення глибини залягання енергетичного рівня.

Розв'язуючи систему рівнянь (6-8) з параметрами ІЧ підсвітки (мал.3), нам вдалося пояснити явище миттєвого спалаху та згасання люмінесценції без додаткового припущення про великий квантовий вихід, як того потребує модель незалежних донорів та акцепторів.



Мал. 2. Кінетика згасання люмінесценції при $A=D=1$; $B=150$:
 1- $G=8, Q=30$; 2- $G=8, Q=6.2$;
 3- $G=30, Q=6.2$; 4- $G=1, Q=6.2$.



Мал. 3. Поведінка сигналу ФЛ під дією ІЧ підсвітки.
 1- експериментальна крива;
 2- теоретична крива.

Можна навести і якісне тлумачення поведінки сигналу фотолюмінесценції під впливом ІЧ підсвітки. Зразу ж після ввімкнення ІЧ опромінення зразка у ньому різко зростає концентрація нейтральних центрів за рахунок фотонейтралізації домішок. Це приводить до спалаху, швидкого зростання інтенсивності фотолюмінесценції, оскільки остання пропорційна добутку концентрації нейтральних домішкових центрів та концентрації вільних електронів. Слідом за цим іде процес зменшення концентрації нерівноважних електронів і, отже, поступове встановлення нового стаціонарного рівня інтенсивності люмінесценції, який у випадку високого квантового виходу практично не відрізняється від попереднього рівня. У схемах з каналом безвипромінювальної рекомбінації інтенсивність фотолюмінесценції у стаціонарному режимі збудження та ІЧ підсвітки може бути вищою від інтенсивності люмінесценції без ІЧ підсвітки. Це та зване розгоряння

люмінесценції. Після вимкнення ІЧ підсвітки відбувається зворотній процес.

Таким чином використання моделі амфотерного центра в цілому дозволяє описати спалах і гасіння люмінесценції. Змінюючи параметри ІЧ підсвітки ми змогли описати усі експериментальні результати, які нам зустрілися у літературі, по явищам спалаху та згасання люмінесценції під дією ІЧ підсвітки.

У третій главі викладені результати люмінесцентних властивостей кристалів ZnSe легованих різними домішками. Характеристики та параметри досліджуваних кристалів наведені в таблиці

N	Матеріал	Конц. (%) активатора	Інтенсивність люмінесценції (відн. од.)			
			Л-540	Л-980 T=4,2 К	Л-640	Л-640 T=300 К
1	ZnSe	-	0,2	0,5	4,0	5-15
2	ZnSe:Zn	-	1	1	1	1
3	ZnSe:Te	-	1	0,6	0,9	1
4	ZnSe<Te>	1	-	0,6	3	5
5	ZnSe<Te>:Zn	1	3	0,5	1,5	12
6	ZnSe<Te>:Te	1	0,3	0,6	4	145
7	ZnSe<Te>:Zn ¹	1	-	-	9	200
8	ZnSe<Te>:Zn ²	1	0,6	1	17	204
9	ZnSe<Te>	3	-	1	9	48
10	ZnSe<Te>:Zn	3	-	1	20	400
11	ZnSe<Te>:Te	3	-	1	8	77
12	ZnSe<Te>:Zn	3	-	1	16	263
13	ZnSe<Te>:Zn	3	-	1	16	314

Дослідження, при різних режимах термообробки, проводились з метою визначення концентрації активаторів, оптимальних для досягнення високого квантового виходу кристалів у смузі Л-640 нм. Вибір цієї смуги обумовлений тим, що ефективність приймального пристрою обчислювального томографа суттєво залежить від спектрального узгодження скінтілятора та приймача.

Співставлення результатів дослідження залежності інтенсивності "червоної" люмінесценції кристалів селеніду цинку від концентрації домішки і режиму термообробки у парах власних компонентів при різних рівнях збудження приводить до висновку, що зростання інтенсивності смуги $\lambda = 640$ нм. в одних кристалах в порівнянні з іншими обумовлено, зокрема, ліквідацією центрів безвипромінювальної поверхневої рекомбінації, яка відбувається досить ефективно при введенні активатора Те з наступним відпаленням в парах цинка.

Сукупність результатів, отриманих і проаналізованих у дисертації, свідчить про те, що в першу чергу саме власні дефекти ґратки кристалів ZnSe відповідальні за "червону" смугу Л-640 нм. Сторонні домішки, в тому числі і Cu_{Zn} , на нашу думку, не відіграють суттєвої ролі в формуванні центрів світіння. Тим не менше, шляхом введення цих домішок можна перебудовувати спектр за рахунок зміни ступеня компенсації зразка, зміщення рівнів центрів рекомбінації і т.п. Управління спектрами люмінесценції і оптичного поглинання можна здійснити і в динамічному режимі, регулюючи ступень збудження зразка. Найбільш імовірно, що ці ефекти пов'язані з присутністю у випромінювальних комплексах багатозарядних центрів.

Ми розглядали вакансію цинка як двозарядний акцептор, тобто центр, який може перебувати у трьох зарядових станах - V_{Zn}° , V_{Zn}^{-} , V_{Zn}^{2-} (зарядовий стан визначається по відношенню до стану дефекта при $T=0$ К при умові відсутності компенсуючих домішок) і тому має два рівні перезарядки: "0, -e", "-e, -2e", де e-величина заряду електрону. Однак питання про зарядовий стан

V_{Zn} в кристалах $ZnSe$ поки не має однозначного рішення. Принаймні не треба скидати з рахунку прояв V_{Zn} як амфотерного центра: (V_{Zn}^+ , V_{Zn}^0 , V_{Zn}^-) з двома рівнями - акцепторним "0,-e" і донорним "0,+e". В цьому випадку домішкові комплекси в стехіометричних кристалах типа дефектів по Френкелю ($V_{Zn}Zn^+$ або $V_{Zn}Te^0Zn^+$) слід розглядати як центри випромінювання Л-640, а домішкові комплекси у нестехіометричних кристалах типа суміші дефектів по Френкелю з дефектами по Шоттки ($2V_{Zn}Zn_2^+$ або $2V_{Zn}Te^0Zn_2^+$) - як центр випромінювання Л-830.

В заклчній частині наведено основні результати та висновки

На основі приведених в данній роботі результатів комп'ютерного моделювання оптичних властивостей напівпровідників з багатозарядними(амфотерними) центрами рекомбінації і експериментального дослідження люмінесцентних властивостей стехіометричного і нестехіометричного селеніду цинку з ізовалентною домішкою Te можна зробити такі висновки:

1. Виявлено особливості і вперше проведено математичне моделювання люмінесцентних властивостей напівпровідників з багатозарядними(амфотерними) домішками.

1.1. В залежності від параметрів рекомбінації багатозарядних домішок і ступеня компенсації напівпровідника кінетика затухання фотолюмінесценції може бути як монотонною, так і аномальною, наприклад, типу спад-зростання-спад. Подібного роду аномалії спостерігались при дослідженні кінетики рентгенолюмінесценції(РЛ) $ZnSe:Te$ при високих рівнях збудження. В літературі таку кінетику РЛ пояснюють участю не менше трьох процесів затухання, з постійними часу: 1-1.5; 7-10 і більше 50 мс. Причому відмічається, що для в'яснення природи центрів випромінювання, які обумовлюють появу цих компонент, потрібні подальші дослідження.

1.2. При наявності багатозарядних домішок у напівпровідниках температурна залежність фотолюмінесценції може бути, при деяких умовах, як монотонною, так і такою, яка проходить через

стадію розгорання.

1.3. Схема багатозарядного (амфотерного) центру рекомбінації дозволяє пояснити явище спалаху і гасіння люмінесценції без додаткового припущення про великий квантовий вихід, як це необхідно при розгляді моделі незалежних донорів і акцепторів.

2. Експериментальні дослідження властивостей люмінесценції стехіометричних і нестехіометричних кристалів ZnSe, а також кристалів, легованих ізовалентною домішкою, підтвердили літературні припущення про домінуючу роль власних дефектів у формуванні центрів випромінювальної рекомбінації.

3. Залежність складу спектра фотолюмінесценції від інтенсивності збудження якісно легко пояснюється у моделі багатозарядного центра, котрий являє собою або вакансії цинку, або домішковий комплекс, який включає цю вакансію.

5. Експериментальне дослідження кінетики впливу ІЧ підсвітки на фотолюмінесценцію ZnSe<Te> повністю описано у моделі багатозарядного центру.

Основні результати дисертації опубліковані в роботах

1. Вакуленко О.В., Супруненко В.Н., Рыжиков В.Д. Кинетика примесной люмінесценції в полупроводниках при наличии амфотерных центров рекомбинации //УФЖ.-1990.-35, N 10.-С. 1485-1489.

2. Вакуленко О.В., Супруненко В.Н., Рыжиков В.Д. Температурная зависимость интенсивности примесной люмінесценції в полупроводниках с амфотерными центрами рекомбинации//ФТП.-1991. 25, N 6.-С.1053-1057.

3. Вакуленко О.В., Супруненко В.М Вплив інфрачервоного випромінювання на люмінесценцію напівпровідників з амфотерними центрами рекомбінації// Вісн.Київ.ун-ту. Фіз.-мат.науки.-1991.- N 1.-С.70-73.

4. Вакуленко О.В., Супруненко В.М, Шутов Б.М. Вплив інфрачервоної підсвітки на фотолюмінесценцію ZnSe // УФЖ.-1994.-39,

N 7.-С.793-795.

5. Вакуленко О.В., Супруненко В.Н. Рекомбинация носителей заряда в полупроводниках на амфотерных центрах // Тезисы докладов V научной конференции молодых учёных Закарпатья, июнь 1990., С.141.

6. Вакуленко О.В., Супруненко В.Н. Люминесцентные свойства полупроводников с амфотерными центрами рекомбинации // Тезисы докладов XII всесоюзной конференции по физике полупроводников, Киев, 23-25 октября, 1990 . .Часть 1, С.223.

7. Вакуленко О.В., Супруненко В.Н. Проявление многозарядности центров излучательной рекомбинации в кинетике послесвечения сцинтилляторов // Сцинтилляторы-93, Межгосударственная конференция, 27-30 сентября 1993, г. Харьков, С.157.

8. Вакуленко О.В., Кравченко В.М., Сташук В.С., Супруненко В.Н. Машинне моделювання кінетики фотолюмінесценції у напівпровідниках. Зб."Оптика и спектроскопия и их применение в народном хозяйстве и экологии". Киев: Общество "Знание" Украины, 1992, 73.

9. Вакуленко О.В., Даченко О.І., Сташук В.С., Супруненко В.М. Вплив інфрачервоної підсвітки на фотолюмінесценцію селеніду цинку (там же), С.25.

10. Ryzhikov V.D., Suprunenko V.N., Vakulenko O.V. Multiple charging of recombination centers as one of causes of semiconductor inertiality // Proc.SPIE.-1993.- 2113.-P.169-172.

Аннотация

Супруненко В.Н. Особенности оптических неравновесных явлений в полупроводниках с амфотерными центрами рекомбинации

Диссертация в форме рукописи на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 - оптика, лазерная физика.

Защищается 10 научных работ. В работах представлены результаты компьютерного моделирования процессов рекомбинации неравновесных носителей заряда в полупроводниках с амфотерными дефектами и показано, что некоторые особенности люминесценции: немонотонная кинетика, немонотонная температурная зависимость интенсивности стационарной люминесценции, сложная кинетика влияния инфракрасного излучения - могут быть обусловлены многозарядными примесями.

Экспериментально исследована и теоретически описана (путем численного решения соответствующих кинетических уравнений, а не качественно, как это делалось раньше) кинетика влияния инфракрасного излучения на фотолюминесценцию селенида цинка.

Впервые исчерпывающе объяснено явление вспышки люминесценции, наблюдаемое во время включения ИК подсветки.

Немонотонная кинетика затухания ренгенолюминесценции селенида цинка объяснена присутствием многозарядного центра рекомбинации.

Теоретически просчитаны и практически реализованы кристаллы с монотонной кинетикой. Это позволило значительно улучшить технико-эксплуатационные показатели сцинтилляторов, которые изготавливаются на основе этого материала и используются в детекторах рентгеновского и γ - излучения.

Abstract

Suprunenko Viktor Nikolavevich

"Peculiarities of the nonequilibrium optical phenomena in semiconductors with amphoteric recombination centers"
Thesis for the degree of Candidate of physico-mathematical sciences on speciality 01.04.05 - optica.

10 scientific publications. The work presents the results

of computer simulation of nonequilibrium charge carrier recombination processes in semiconductors with amphoteric defects. It is shown that some peculiarities of luminescence - nonmonotonic kinetics, nonmonotonic temperature dependence of the steady-state luminescence intensity, complex kinetics of the infrared (IR) radiation influence - can be due to multicharge impurities.

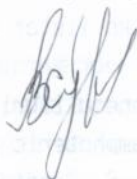
The kinetics of the IR-radiation influence on the photoluminescence of zinc selenide was studied experimentally and described quantitatively by solving numerically the corresponding kinetic equations rather than qualitatively as it had been done before.

The effect of the luminescence flare-up observed while switching-on the IR-illumination was explained reliably for the first time.

The nonmonotonic decay kinetics of the X-ray luminescence of zinc selenide is attributed to a multicharge recombination center.

The parameters providing a monotonic luminescence kinetics were calculated as well as corresponding crystals were grown. This allowed to markedly improve the technical-and-operation indexes of X- and gamma-ray scintillators based on the material.

Ключові слова: напівпровідник, люмінесценція, багатозарядний(амфотерний) центр, рекомбінація, фотопровідність, сцинтилятор, селенід цинку.



AB 36.174