

Львівський державний університет ім. Ів. Франка

На правах рукопису

Г У Д Ь

Ірина Зиновіївна

ЕВОЛЮЦІЯ РАДІАЦІЙНИХ ДЕФЕКТІВ В ЧИСТИХ ТА ЛЕГОВАНИХ
КРИСТАЛАХ ЙОДИДУ ЦЕЗІЮ

01.04.07 - фізика твердого тіла

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата фізико-математичних наук

Львів - 1994



AB 29.442

Робота виконана на кафедрі фізики напівпровідників
Львівського державного університету ім. Ів.Франка

- Наукові керівники: - доктор фізико-математичних наук, професор Цаль Микола Олексійович
- кандидат фізико-математичних наук, доцент Павлик Богдан Васильович
- Офіційні опоненти: - доктор фізико-математичних наук, професор Охріменко Борис Андрійович
- кандидат фізико-математичних наук, доцент Чорній Зеновій Павлович

Провідна організація - Інститут монокристалів АН України,
м. Харків

Захист відбудеться "4" травня 1994 р. о 15³⁰ год.
на засіданні спеціалізованої ради Д 068.26.05 при Львівському
державному університеті ім. Ів.Франка за адресою: 290005,
м. Львів, вул. Кирила і Мефодія, 8а /Велика фізична аудиторія/.

З дисертацією можна ознайомитись в науковій бібліотеці
Львівського державного університету ім. Ів.Франка /м. Львів,
вул. Драгоманова, 5/.

Автореферат розісланий "31" березня 1994 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради,
доктор фізико-математичних наук,
професор

А.Б. Носенко

А.Б. Носенко

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Вивчення реальної структури кристалів залишається однією з головних проблем фізики твердого тіла. Розв'язання завдань, поставлених розвитком сучасної техніки та технології, вимагають глибокого розуміння фізичних процесів, що відбуваються у кристалах в різних умовах їх використання. Зростаючі вимоги до властивостей конструкційних матеріалів, котрі експлуатуються в полях іонізуючого випромінювання ставлять задачі повнішого вивчення об'ємних та поверхневих властивостей діелектриків.

Механізми багатьох реакцій, які мали вирішальне значення для розробки методів підвищення радіаційної стійкості матеріалів, були змодельовані на лужногалоїдних кристалах /ЛГК/. Це пов'язано із поєднанням в них простоти структури і хімічного зв'язку між частинками, добре вивченими електрофізичними, хімічними та оптичними властивостями, можливістю введення широкого спектру домішок.

З точки зору практичного використання особлива зацікавленість виявляється до монокристалів галогенідів цезію, зокрема CsI . Він є одним із найінформаційніших модельних об'єктів для вивчення фундаментальних процесів взаємодії іонізуючого випромінювання з твердим тілом. Висока радіаційна стійкість йодиду цезію зумовлює його використання в елементах пам'яті та сцинтиляційних детекторах, як вихідний матеріал в лазерній оптиці та дозиметрії. У зв'язку з цим є актуальним детальне вивчення радіаційного дефектоутворення в даних монокристалах під дією різних видів випромінювання, вплив домішок на ефективність дефектоутворення та кінетику релаксаційних процесів. Успішне розв'язання цього завдання вимагає застосування комплексного підходу, який полягає у використанні кількох взаємодоповнюючих методик.

Метою даної роботи було дослідження особливостей впливу аніонних CO_3^{2-} і SO_4^{2-} та катіонних Ba^{2+} та Cd^{2+} домішок на еволюцію дефектів, їх взаємодію та ефективність радіаційно-стимульованого дефектоутворення в монокристалах йодистого цезію.

Для досягнення поставленої мети були розв'язані такі завдання:

- спроектована та виготовлена установка, яка дозволяє досліджувати дію світла та радіаційного опромінення на кристали в процесі вимірювання струмів термостимульованої деполаризації /СД/;

- вирощені монокристали CsJ /чисті та леговані домішками/ за методами Кіропулоса /МК/ та Стокбаргера /МС/;
- досліджено вплив домішок на кінетику зміни спектрів ТСД монокристалів CsJ та емісію екзоелектронів;
- використовуючи методи ТСД та термостимульованої екзоемісії /ТСЕЕ/, досліджено взаємодію та перетворення дефектів у вихідних та опромінених монокристалах йодистого цезію;
- пораховані основні параметри кінетики релаксаційних процесів.

Ці завдання розв'язувались із застосуванням комплексного підходу, який дав можливість отримати повнішу та достовірнішу інформацію про процеси, що відбуваються в монокристалах йодиду цезію під дією зовнішніх факторів.

Робота виконувалась у відповідності до планів науково-дослідних робіт Львівського держуніверситету ім. Ів.Франка, що проводились згідно наказу Мінвузу СРСР від 5.03.1986 р. № 170, постанови Президії АН УРСР № 474 від 27.12.1985 р. /№ державної реєстрації 0186.0125816/ "Одержати і дослідити напівпровідникові та діелектричні матеріали з підвищеною радіаційною стійкістю для створення ефективних детекторів іонізуючих випромінювань, запам'ятовуючих пристроїв і елементів лазерної оптики" та згідно наказу Мінвузу УРСР № 78 від 21.03.1991 р. "Вивчити фізичні процеси в монокристалах і тонких плівках іонних сполук при записі інформації електронним пучком".

Наукова новизна. В роботі вперше:

- досліджено особливості дипольної та об'ємно-зарядової поляризації і вплив на неї іонізуючого випромінювання в монокристалах $CsJ-CO_2(SO_4)$ і $CsJ-Ba$, зроблено розрахунок параметрів кінетики релаксаційних процесів в даних кристалах;
- на основі аналізу результатів експериментальних досліджень ТСЕЕ та спектрів оптичного поглинання встановлено тотожність центрів забарвлення /ЦЗ/ з центрами екзоемісії, проведено ідентифікацію ЦЗ, які є емісійно-активними центрами /ЕАЦ/.

Практична цінність визначається актуальністю проблеми підвищення надійності та довговічності роботи приладів, в яких використовуються досліджувані кристали. Результати даної роботи дають можливість уникнути небажаних у практиці ефектів, пов'язаних із впли-

вом домішок та опромінення на електрофізичні властивості кристалів CsJ , полегшити пошук способів підвищення радіаційної стійкості матеріалів. Вони можуть корисними також при виготовленні матеріалів для лазерної оптики та створення екзоemisійних дозиметрів.

На захист виносяться наступні основні положення:

1. Введення контрольованих домішок CO_3^{2-} і SO_4^{2-} в монокристали CsJ /МК/, що супроводжується збільшенням концентрації U_a^+ , суттєво підвищує їх екзоemisійну здатність та понижує радіаційну стійкість.

2. В γ -опроміненних кристалах $CsJ-CO_2$ /МК/ спостерігаються процеси генерації та розриву диполів: до дози 10^6 Гр - домінує процес генерації, а при збільшенні дози понад 10^6 Гр інтенсивно утворюються електронні центри забарвлення.

3. Виникнення дипольної релаксації в монокристалах $CsJ-Ba$ /МК/ пов'язане із реорієнтацією диполів типу $U_c^- - Ba^{2+}$. Високодозне $I > 10^5$ Гр/ γ -опромінення кристалів $CsJ-Ba$ /МК/ приводить до розриву диполів.

4. В монокристалах CsJ /МК/ та $CsJ-CO_2$ /МК/ дія опромінення проявляється в утворенні emisійно-активних центрів та проходженні рекомбінаційної ТСЕЕ, в якій беруть участь діркові H , V_2 , V_3 та V_F - ЦЗ і електронні F - та M - ЦЗ.

Апробація роботи. Матеріали дисертації доповідались на:

- V Всесоюзному симпозиумі з ФЕЕ, ВЕЕЕ, ВІЕЕ /Рязань, 1983 р./;
- IV Всесоюзному симпозиумі "Екзоелектронна emisія та її застосування" /Тбілісі, 1985 р./;
- VII Всесоюзній конференції "Фізика вакуумного ультрафіолету і його взаємодія з речовиною" /Рига, 1986 р./;
- X Двілейному Всесоюзному симпозиумі з механоemisії та механохімії твердого тіла /Ростов, 1986 р./;
- XX Всесоюзній конференції з emisійної електроніки /Київ, 1987 р./;
- VII Всесоюзній конференції з радіаційної фізики та хімії неорганічних матеріалів /Рига, 1989 р./;
- Всесоюзному симпозиумі "Emisія поверхні напівпровідників, в тому числі екзоemisія" /Львів, 1989 р./;
- Семінарі молодих вчених /Львів, 1990 р./;
- Семінарі "Підвищення ефективності та якості електронно-променевих приладів і пристроїв і їх застосування в народному госпо-

дарстві" /Київ, 1991 р./.

Публікації та внесок автора. Основні результати дисертації опубліковані у 18 працях. В цих працях автору належать результати і висновки, опубліковані в дисертації та авторефераті. Основні експерименти здійснені автором особисто.

Структура та об'єм роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів та висновків, викладених на 143 сторінках, включаючи 33 малюнки, 2 таблиці і список літератури із 148 назв.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовані мета та завдання роботи, основні положення, що виносяться на захист, вказані наукова новизна і практична цінність, викладена структура дисертації і короткий зміст розділів.

У першому розділі - оглядовому - зроблено детальний огляд літератури, що стосується структурних особливостей галогенідів цезію та впливу на них зовнішніх факторів, впливу домішок на процеси радіаційного дефектоутворення. Дана загальна характеристика методів ТСД і ТСЕЕ, проаналізовані їх переваги та недоліки при дослідженні електрично-активних дефектів. Виявлені дискусійні питання та проблеми, сформульовані завдання для наступних досліджень.

На початку огляду проаналізовані роботи присвячені механізмам утворення дефектів в лужно-галоїдних кристалах та вивченню радіаційного дефектоутворення в галогенідах цезію. Існуючі дані свідчать про підвищену радіаційну стійкість йодиду цезію порівняно із іншими ЛГК. Кристали CSJ забарвлюються при високоінтенсивному опроміненні, коли проходження рекомбінаційних процесів $F-H$ пар починає перекриватись проходженням процесів їх агрегатизації. Еволюція дефектів та кінетика їх накопичення суттєво залежать від наявності біографічних дефектів, температури та дози опромінення кристалів, а також від типу та концентрації введених домішок.

Проведено огляд робіт присвячених дослідженню термостимульованих релаксаційних процесів в іонних кристалах. Аналіз інформаційних можливостей і областей застосування релаксаційних методів дослідження діелектрика свідчить про ряд переваг методів ТСД та ТСЕЕ порівняно із іншими методами термоактиваційної спектроскопії. Про-

аналізовано ряд робіт присвячених вивченню впливу аніонних та катионних домішок на дефектоутворення в ЛГК із застосуванням методу ТСД. Зазначено, що утворення складних центрів забарвлення суттєво впливає на радіаційні та сцинтиляційні властивості матеріалів і є основною причиною фотохімічної та радіаційної забарвленості легованих і логенідів цезію.

Розглянено також роботи з екзоелектронної емісійної спектроскопії приповерхневих радіаційних дефектів. Підкреслено взаємозв'язок ТСЕЕ із утворенням та міграцією радіаційних дефектів в ЛГК.

На основі аналізу літературних даних наприкінці огляду зроблені висновки і сформульовані нерозв'язані питання.

В другому розділі описані об'єкти та експериментальні методи досліджень термодеполаризаційних та емісійних властивостей кристалів, наведені основні формули проведених теоретичних розрахунків параметрів кінетики релаксаційних процесів. При дослідженні зразків застосовувався комплексний підхід, який полягав у використанні кількох взаємодоповнюючих методик.

Для дослідження термодеполаризаційних властивостей кристалів розроблена оригінальна установка, яка дозволяє вивчати емісійні процеси, аналізувати термомінесценцію та забарвлення, вплив радіаційного опромінення на параметри кристалів в процесі вимірювання струмів ТСД. Основні вузли та блок-схема установки, конструкція кристалотримача та методика вимірювання струмів ТСД детально описані у цьому розділі.

Для вивчення екзоемісійних властивостей кристалів нами використовувалась установка [1]. Дослідження спектрів поглинання проводились на спектрофотометрі СФ-26.

Об'єктами наших досліджень служили досконалі кристали галогенідів цезію, чисті та леговані домішками CsJ , $CsJ-Ba$, $CsJ-Cd$, $CsJ-Cl_3$, $CsJ-SO_4$, вирощені за методами Кіропулюса та Стокбаргера за технологією, розробленою в нашій лабораторії. Кристали галогенідів цезію, вирощені за МК із солі марки "ОСЧ", мають невисокий вміст $\sim 10^{-3} - 10^{-5}$ ваг. % полівалентних катіонів та аніонів внаслідок їх росту на повітрі. В монокристалах CsJ/MC ці домішки відсутні, однак в них на $1,5 + 2$ порядки більша густина дефектів росту. Контрольовані катіонні та аніонні домішки вводились в розплав під час росту кристалів за МК.

Для УФ-опромінення кристалів використовувались лампи ДДС-30

та ДД/Д/-400. УФ-збудження зразків проводилось повним спектром $\lambda = 180\text{--}350 \text{ нм}$, а також при використанні фільтрів. Опромінення зразків γ -квантами здійснювалось джерелом ^{60}Co / $E_{\gamma} = 1,25 \text{ Мев}$, $P = 4500 \text{ Р/с}$ / різними дозами від 10^5 до $5 \cdot 10^6 \text{ Гр}$.

В цьому розділі проведений також короткий аналіз існуючих методів обробки даних ТСД, обґрунтовано вибір методу Гарлика-Гібсона для розрахунку параметрів кінетики за експериментальними кривими. Похибка даного методу не перевищує 2-3%.

В третьому розділі представлені результати експериментальних досліджень дефектної структури галогенідів цезію методами ТСД та ТСЕЕ. Методом ТСД виявлено виникнення дипольної релаксації в монокристалах CsJ , легованих домішками SO_4^{2-} , CO_3^{2-} та Ba^{2+} . Проаналізовано процеси, що відбуваються в йодиді цезію при легуванні його домішками, вплив домішок на екзоemisійну здатність кристалів. Розраховані основні параметри кінетики даних релаксаційних процесів.

Дослідження монокристалів CsJ /МК/ та CsJ /МС/ методом ТСД засвідчили, що при кімнатній температурі в об'ємі зразка під час деполаризації відбуваються релаксаційні процеси пов'язані із міграцією аніонних вакансій. Наявність навіть фонових кисневомісних домішок в кристалі CsJ /МК/ /зумовлена вирощуванням на повітрі/ суттєво змінює структуру спектрів ТСД, а також впливає на їх екзодатність.

Виникнення комплексних центрів іонів кисневомісних домішок і молекулярних аніонів /МА/ в ЛГК негативно впливає на їх радіаційну стійкість, сцинтиляційні характеристики. Введення контрольованих аніонних домішок / CO_3^{2-} і SO_4^{2-} / в монокристали CsJ супроводжувалось зростанням числа U_a^+ та виникнення домішково-вакансійних диполів /ДВД/ типу $U_a^+ \text{-МА}$, які були виявлені на спектрах ТСД. Показано, що в температурному інтервалі $80\text{--}210 \text{ К}$ ротаційний рух U_a^+ довікола МА спричиняє виникнення в кристалах дипольної релаксації. При температурах $> 210 \text{ К}$ відбувається процес розриву ДВД, а при $T > 270 \text{ К}$ спостерігаються максимуми ТСД, зумовлені релаксацією просторового заряду. Розрахунок параметрів кінетики засвідчив, що процесу руйнування диполів передують процес міграції "вільних" U_a^+ з енергією активації $E_a = 0,32 \text{ еВ}$.

Розрив ДВД супроводжується збільшенням числа U_a^+ , які необхідні для утворення F-ЦЗ. Присутні в монокристалах CsJ-CO_3 / SO_4 / ДВД типу $U_a^+ \text{-CO}_3^{2-}$ і $U_a^+ \text{-CO}_2^-$ виявлені методом ТСД, можуть служити заготовками ЦЗ, що є emisійно-активними центрами. Таким чином,

збільшення концентрації U_a^+ приводить до підвищення концентрації ЕАЦ, тобто підвищення екзоемісійної здатності кристалів, відповідно, пониження їх радіаційної стійкості.

Виникнення дипольної релаксації, пов'язане із реорієнтацією диполів типу $U_c^- - Ba^{2+}$, було зафіксоване для монокристалів $CsJ/MK/$, легованих барієм. Аналіз спектрів дипольної релаксації при змінюванні умов поляризації та розрахунок основних параметрів кінетики дали можливість їх ідентифікувати. Максимум, пов'язаний із релаксацією диполів $U_c^- - Ba^{2+}$, наявний при $T_{m_2} = 170 \pm 180$ К. Енергія активації процесу реорієнтації диполів $E_a = 0,15$ еВ, концентрація диполів $n = 13 \pm 4 \cdot 10^{17}$ см⁻³. Релаксація просторового заряду в монокристалах $CsJ - Ba/MK/$ при температурах > 330 К, пов'язана із міграцією U_c^- -катіонних вакансій ($E_a = 0,62$ еВ/).

Дослідження монокристалів $CsJ - CO_2$, SO_4 та $CsJ - Ba$ після попереднього загартування зразків підтвердили зроблені висновки. Зразки загартувувались після відпалу їх до температури 573 ± 773 К /відпал 30 хв./.

Основні параметри кінетики дипольної та об'ємно-зарядової релаксації представлені у таблиці.

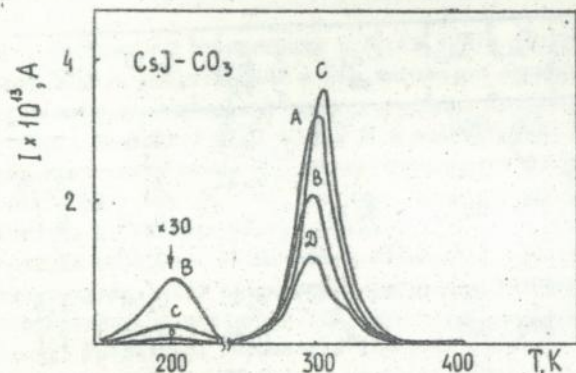
Таблиця I.

К р и с т а л : /моль %/	$T_{пол}$, К	T_{m_1} , К	T_{m_2} , К	E_{a_1} , еВ	E_{a_2} , еВ	$\tau_0 \cdot 10^{-12}$, с	$\omega_0 \cdot 10^{12}$, с ⁻¹
$CsJ - 0,5 Cs_2CO_3$	203	105	190	0,1	0,15	3,6	0,28
$CsJ - 0,05 Na_2SO_4$	203	-	200	-	0,17	3,7	0,26
$CsJ - 0,02 BaJ_2$	203	175	200	0,15	-	0,38	2,6
$CsJ - 0,5 Cs_2CO_3$	373	289	410	0,32; 0,45	0,34	0,53	1,9
$CsJ - 0,01 Na_2SO_4$	373	270	400	0,32; 0,42	0,43	0,56	1,8
$CsJ - 0,02 BaJ_2$	295	270	337	0,2	0,62	0,91	1,1
$CsJ - 0,5 CdJ_2$	295	-	330	-	0,75	4	0,25

У четвертому розділі методами оптичної спектроскопії, ТСД та ТСЕЕ вивчено еволюцію дефектів та ефективність радіаційного дефектоутворення в монокристалах йодистого цезію в умовах дії зовнішніх

факторів. Проаналізовано зміни в структурі спектрів ТСД і ТСЕЕ монокристалів після дії $U\alpha$ -, γ - та електронного опромінення. Встановлено зв'язок центрів екзоемісії із ЦЗ, проведено ідентифікацію ЦЗ, які є емісійно-активними центрами.

Встановлено, що кристали CsJ /МК/ ефективно забарвлюються при поглинутих дозах γ -квантів 10^5 Гр, а при дозі $> 5 \cdot 10^5$ Гр на поверхні γ -опроміненіх зразків вже спостерігаються мозаїчні картини скупчень радіаційних дефектів. В той же час кристали CsJ -Ва ефективно забарвлюються лише при збільшенні дози до 10^6 Гр. Введення домішок CO_3^{2-} і SO_4^{2-} , навпаки, стимулює ефективність утворення радіаційних дефектів. Причому, при дозах опромінення до 10^6 Гр домінує процес генерації диполів, а при дозах $> 10^6$ Гр - утворення F - ЦЗ та їх агрегатів. Тобто, під дією γ -квантів відбуваються процеси генерації чи розриву диполів, залежно від дози опромінення. Дані висновки підтвердили дослідження γ -опроміненіх монокристалів $CsJ-CO_3$ методом ТСД /мал. I/. Встановлено, що зміна інтенсивності дипольного максимуму / $T_m = 200$ К/ в монокристалах $CsJ-CO_3$ /МК/ пов'язана із процесами генерації та розриву диполів типу $U_a^+ - CO_3^{2-}$ під дією γ -квантів. Одержано задовільну кореляцію даних результатів із результатами досліджень цих кристалів, отриманих методом ТСЕЕ.



Мал. I. Спектри ТСД монокристалів $CsJ-CO_3$ /МК/ опроміненіх γ -квантами:
 А, В, С, Д - 10^5 ; $5 \cdot 10^5$; 10^6 ; $5 \cdot 10^6$ Гр - відповідно; О - неопромінений.

При дослідженні процесів радіаційного дефектоутворення в монокристалах CsJ встановлено, що на процеси дефектоутворення впливає вид та доза опромінення. Поєднання досліджень легованих монокристалів та $УФ$ -, e^- і γ -опромінення дало можливість отримати повнішу картину еволюції дефектів.

Монокристали CsJ з кисневомісними домішками і навіть кристали CsJ /МК/ виявились чутливими до $УФ$ -збудження. Дослідження монокристалів CsJ /МК/ та $CsJ-CO_2$ /МК/ після $УФ$ -збудження засвідчили можливість утворення в них емісійно-активних центрів і проходження рекомбінаційної ТСЕЕ, в якій беруть участь діркові H , V_2 , V_3 та V_F -ЦЗ і електронні F та M -ЦЗ. Монокристали $CsJ-CO_2$ /МК/ характеризуються вищою, порівняно з CsJ /МК/, екзоemisійною активністю, яка пропорційно залежить від концентрації введеної домішки. $УФ$ -збудження викликає іонізацію домішкових електронних центрів, що супроводжується відходом U_a^+ з наступним захопленням нею e^- :

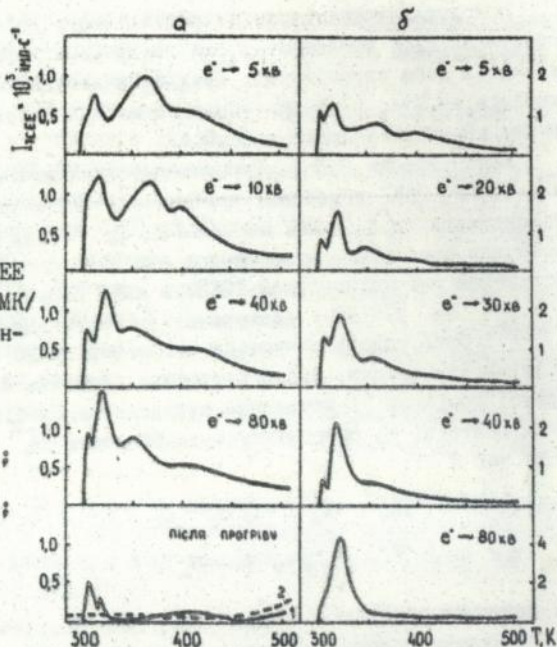
$$h\nu - [CO_2^- - U_a^+] = [CO_2^- - U_a^+ e^-] = F(U_a^+ e^-) + CO_2^-, \quad (1)$$

$$h\nu - [O^{2-} - U_a^+] = [O^- - U_a^+ e^-] = F(U_a^+ e^-) + O^-, \quad (2)$$

що є причиною зростання концентрації ЕАЦ. З другого боку, з оптичних досліджень відомо, що в області спектру 300-480 нм проявляється широка смуга сімейства діркових J_2^- -центрів. Враховуючи вище сказане і існуючі механізми ТСЕЕ, наявність максимумів на спектрах ТСЕЕ можна пов'язати із рекомбінаціями $[V, F]$ -типу.

Таким чином, монокристали йодистого цезію, маючи в основі радіаційно-стійку матрицю, при легуванні молекулярними аніонами стають екзоemisійно активними і можуть представляти інтерес як матеріал, в якому інформація про дозу збудження реєструється за спектром ТСЕЕ або його екзосумою.

Ідентифікацію ЦЗ, які є емісійно-активними центрами і відповідають за наявність певного максимуму ТСЕЕ монокристалів CsJ /МК/ та $CsJ-CO_2$ /МК/ проведено після досліджень γ -опромінення зразків. Спектри ТСЕЕ γ -опромінення монокристалів CsJ /МК/ свідчать про чітке розділення досліджуваних максимумів /мал. 2/. В діапазоні температур від 300 до 520 К спостерігаються чотири максимуми ТСЕЕ, пов'язані із різними типами рекомбінацій: $[H, F]$ -максимум при 310-320 К; $[V_2, F]$ - при 350-360 К; $[V_3, F]$ - при 400-420 К;



Мал. 2. Спектри ТСЕЕ монокристалів $CsJ/MK/$ після γ -опромінення дозою $5 \cdot 10^5$ Гр $T_{opr.} = 295$ К/:

а/ $j = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ A/m}^2$;

б/ $j = 1,2 \cdot 10^{-1} \text{ A/m}^2$;

$E_p = 2,5$ кВ.

максимум при 300-303 К, пов'язаний із термоіонізацією поверхневих електронних пасток, заповнених при збудженні.

Дослідження фоторуйнування ЦЗ встановили прямий зв'язок процесів рекомбінаційного відпаду радіаційних ЦЗ і ТСЕЕ в монокристалах $CsJ/MK/$ та $CsJ-CO_3/MK/$. Вони підтвердили тотожність електронних ЦЗ та центрів екзоemisії.

Основний ефект впливу радіації на монокристали $CsJ-Ba/MK/$ полягав у відсутності смуги ТСД, пов'язаної із дипольною релаксацією, що пояснюється розривом ДВД під дією опромінення. Наявність катіонних домішок Ba^{2+} та Cd^{2+} в монокристалах CsJ підвищує їх радіаційну стійкість, понижуючи при цьому екзоemisійну здатність. Очевидно, що катіони Ba^{2+} захоплюють збуджені опроміненням електрони, утворюючи активаторні електронні Ba^+ , Ba^0 - ЦЗ і цим перешкоджають утворенню F - ЦЗ і їх рекомбінації із дірковими V-центрами.

Основні результати та висновки

1. Легування монокристалів CsJ /МК/ домішками CO_3^{2-} і SO_4^{2-} супроводжується зростанням концентрації U_a^+ та утворенням ДВД типу $U_a^+ - MA$. При температурах 80 К T 210 К має місце ротаційний рух U_a^+ довкола MA , який спричиняє виникнення максимумів дипольної релаксації. Релаксація просторового заряду, що спостерігається при температурах > 270 К зумовлена міграцією U_a^+ з $E_a = 0,32$ еВ та дисоціацією ДВД- / $E_a = 0,45$ еВ/.

2. Введення катіонної домішки Ba^{2+} в CsJ /МК/ супроводжується зростанням концентрації U_c^- та виникненням ДВД типу $U_c^- - Ba^{2+}$, з реорієнтацією яких пов'язана наявність дипольної релаксації при $T = 170 + 180$ К. Міграція U_c^- та дисоціація диполів $U_c^- - Ba^{2+}$ відбуваються при $T > 330$ К.

3. Еволюція та ефективність радіаційного дефектоутворення в монокристалах CsJ залежать також від типу та концентрації введених домішок:

- кристали CsJ /МК/ ефективно забарвлюються при поглинених дозах γ -квантів 10^5 Гр та вище;

- кристали $CsJ - Ba(Cd)$ володіють вищою радіаційною стійкістю у порівнянні із CsJ , ефективно забарвлення спостерігається в них при поглинених дозах γ -опромінення $> 10^6$ Гр;

- введення домішок CO_3^{2-} та SO_4^{2-} , навпаки, стимулює ефективність утворення РД: на початковій стадії опромінення домінує процес генерації диполів, а при дозах $> 10^6$ Гр інтенсивно утворюються $F - ЦЗ$.

4. Розрив ДВД в монокристалах $CsJ - CO_3(SO_4)$, що супроводжується збільшенням числа U_a^+ , необхідних для утворення $F - ЦЗ$, приводить до підвищення концентрації емісійно-активних центрів. Тобто, введення аніонних домішок в монокристали йодистого цезію підвищує їх екзоемісійну здатність, понижуючи при цьому радіаційну стійкість. Екзоемісійна здатність монокристалів $CsJ - CO_3(SO_4)$ пропорційно залежить від концентрації введеної домішки.

5. Показано, що в монокристалах CsJ /МК/ та $CsJ - CO_3$ /МК/ джерелом емітующих електронів в діапазоні температур відпалу від 300 до 520 К є рекомбінації центрів типу $[H, F]$, $[V_2, F]$, $[V_3, F]$ та $[V, M]$.

Основні результати опубліковані в наступних роботах:

1. Антонів І.П., Галій П.В., Гудь І.З., Цаль Н.А. Вторичная электронная эмиссия слоев твердых растворов на основе CsJ . - В кн.: У Всесоюзн. симп. по ФЭЭ, ВЭЭЭ, ВИЭЭ. Тез. докл. - Рязань, 1983. - С. 82-83.
2. Галій П.В., Гудь І.З., Цаль Н.А. Вторично-емісійна ефективність діелектричних еміттерів в діапазоні середніх енергій возбуждающих электронов // УФЖ. - 1984. - Т. 29. - № 2. - С. 265-271.
3. Галій П.В., Гудь І.З., Цаль Н.А. Расчет параметров кинетики процесса термостимулированной эмиссии кристаллов $CsBr-Cd$. - В кн.: IV Всесоюзн. симп.: "Экзоэлектронная эмиссия и ее применение". Тез. докл. - Тбилиси, 1985. - С. 26-27.
4. Галій П.В., Гудь І.З., Цаль Н.А. Расчет параметров кинетики процесса термостимулированной экзоэмиссии УФ-возбужденных кристаллов $CsBr$ // Физ. електроніка. - Львов: ЛГУ, 1986. - Вып. 33. - С. 112-117.
5. Галій П.В., Цаль Н.А., Гудь І.З. Исследование термостимулированных релаксационных процессов в ВУФ-облученных кристаллах галоидов цезия методом ТСЭЭ. - В кн.: VII Всесоюзн. конф.: Физика вакуумного ультрафиолета и его взаимодействие с веществом. - Рига, 1986. - С. 74.
6. Цаль Н.А., Струк Я.А., Гудь І.З., Дубельт С.П. Последеформационная термостимулированная эмиссия электронов кристаллов $NaCl$. - В кн.: X Юбилейный Всесоюзн. симп. по механоэмиссии и механохимии тв. тела. Тез. докл. - Ростов, 1986. - С. 82.
7. Галій П.В., Гудь І.З., Цаль Н.А. Процессы обуславливающие ТСЭЭ галоидных соединений цезия при электронном и ультрафиолетовом облучении. - В кн.: XX Всесоюзн. конф. по эмиссионной электронике. Тез. докл. - Киев, 1967. - Т. 2. - С. 225.
8. Струк Я.А., Гудь І.З., Дубельт С.П. Установка для исследования кинетики термоактивационных процессов // Физ. електроніка. - Львов: ЛГУ, 1989. - Вып. 38. - С. 42-45.
9. Гудь І.З. Исследование структурных дефектов чистых и легированных кристаллов методом измерения токов ТСД. - УкрНІІНТІ, ДІП 2945-Ук88, від 5.12.1988 р. - С. 137-139.
10. Гудь І.З., Струк Я.А., Павлык Б.В. Влияние структурных дефектов на радиационное окрашивание кристаллов CsJ . - В кн.: II еспубл. конф. по физике тв. тела. Тез. докл. - Ом, 1989. - С. 89.

11. Павлык Б.В., Гудь И.З., Струк Я.А. Радиационно-стимулированные дефектообразования в кристаллах CsJ . - В кн.: VII Всесоюзн. конф. по радиац. физике и химии неорганических материалов. Тез. докл. - Рига, 1989. - С. 303.

12. Галий П.В., Гудь И.З., Савчин В.П. Радиолиз галоидов цезия при облучении электронами средних энергий. - Там же. - Рига, 1989. - С. 154-155.

13. Галий П.В., Гудь И.З. Термостимулированная экзоэмиссионная спектроскопия примесей радиационно-возбужденных кристаллов иодида цезия. - В кн.: Эмиссия поверхности полупроводников, в том числе экзоэмиссия. Тез. докл. - Львов, 1989. - С. 80.

14. Гудь И.З., Павлык Б.В., Струк Я.А. Влияние иновалентных примесей на процессы электрической релаксации в кристаллах иодистого цезия // УФЖ. - 1990. - Т. 35. - № 3. - С. 362-364.

15. Гудь И.З., Павлык Б.В. Влияние примесей на эффективность радиационного дефектообразования в кристаллах CsJ . - В кн.: Радиационная физика и химия тв. тела. Тез. докл. - Львов, 1990. - С. 26.

16. Гудь И.З., Матюхин В.А., Павлык Б.В. Эволюция дефектной структуры в монокристаллах галогенидов цезия. - В кн.: Повышение эффективности и качества электр.-луч. приборов и устройств и их применение в н.х. Тез. докл. - Киев, 1991. - С. 15.

17. Гудь И.З., Дубельт С.П., Струк Я.А., Павлык Б.В. Об эффективности радиационного дефектообразования в кристаллах CsJ // УФЖ. - 1991. - Т. 36. - № 10. - С. 1529-1532.

18. Галий П.В., Гудь И.З., Ненчук Т.Н., Поплавский Е.П. Роль примесей в термостимулированной экзоэлектронной эмиссии радиационно-возбужденных ионных соединений // Изв. АН СССР, сер. физ. - 1991. - Т. 55. - № 12. - С. 2432-2436.

Цитована література

1. Антонив И.П., Галий П.В., Дубов Ю.Г., Цаль Н.А. Установка для изучения вторичной электронной эмиссии диэлектрика // Физ. электрон. - Львов, 1979. - Вып. 18. - С. 127-131.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Б/б

1.61183

Ав 29.442
Ав 29.442

Підписано до друку 28.03.94 Формат 60x84/16 Друк офсет. Папір друк.
№ 1 Умов.друк. арк.0,93 Умов фарбо-відб. 0,93 Обл.-вид.арк. 0,8
Тираж 100 прим. Зам. 2371

Обласна книжкова друкарня , 290000 Львів, вул. Стефаника, 11.