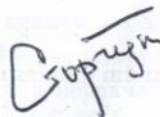


Львівський державний університет
ім. Івана Франка

На правах рукопису



Сторчун Петро Євгенович
Дослідження динамічних процесів
генерації (рекомбінації) точкових
дефектів та їх агрегатів
в телуриді ртуті
та твердих розчинах на його основі

01.04.10 - Фізика напівпровідників та діелектриків

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата фізико-математичних наук

Львів - 1996

624. 215. 59

Дисертацію є рукопис

534. 226

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00743877 (-)

Робота виконана в Інституті прикладної фізики
Львівського державного університету ім.Ів.Франка.

Науковий керівник: доктор фізико-математичних наук,
професор Савицький
Володимир Григорович.

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук,
професор Пашковський
Мар'ян Владиславович
доктор фізико-математичних наук,
професор Берченко
Микола Миколайович.

Провідна установа: Чернівецький державний університет.
ім.Ю.Федьковича.

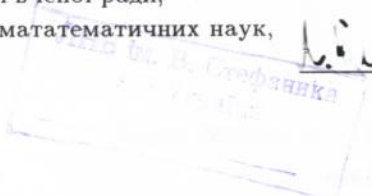
Захист відбудеться 17 грудня 1996р. о 15³⁰ год. на засіданні спеціалізо-
ваної вченої ради по захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня кан-
дидата фізико-математичних наук (Д.04.04.08) при Львівському державному
університеті ім.Ів.Франка (290005, Львів, вул. Драгоманова, 50).

З дисертацією можна ознайомитись в науковій бібліотеці Львівського держав-
ного університету ім.Ів.Франка (вул. Драгоманова, 5).

Автореферат розіслано 13 листопада 1996р.

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

Л.Ф. Блажівський Блажівський Л.Ф.



Актуальність теми. Для виготовлення фотоелектричних реєстраторів електромагнітного випромінювання в діапазоні довжин хвиль 3-5 та 7-14 μm досить широко використовуються тверді розчини на основі халькогенідів ртуті, особливо - $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ (КРТ). В ізоструктурній системі HgTe-CdTe спостерігається необмежена розчинність складових як в рідкому, так і в твердому стані. HgTe є напівметалом з інвертованою структурою енергетичних зон, а CdTe типовим широкозонним напівпровідником. Заміною ртуті на кадмій (або навпаки) можна практично лінійно змінювати щільну між зонами з симетрією Γ_6 та Γ_8 , що дозволяє конструювати напівпровідниковий матеріал практично з будь-якою шириною забороненої зони в діапазоні від -0.3 до 1.4 еВ. Масове використання КРТ в системах реєстрації і обробки оптичної інформації в інфрачервоному діапазоні розпочалось в 60-х роках. Незважаючи на великі технологічні труднощі одержання якісних монокристалів, перевагами цього матеріалу є можливість побудови детекторів, що працюють в смузі власного поглинання. Великі значення рухливості електронів в КРТ і мала величина діелектричної сталої дозволяють виготовляти фотоелектричні перетворювачі з рекордно високою швидкістю.

Електрофізичні властивості КРТ значною мірою визначаються структурою і концентраціями власних електрично - активних точкових дефектів. Вважається, що в 'чистому' КРТ область гомогенності зміщена в сторону телуру і такий матеріал повинен володіти дірковим типом провідності. Реально матеріал є завжди компенсованим і рівень компенсації залежить від концентрації 'фонових' (неконтрольованих) електрично - активних домішок. Концентрація носіїв і тип провідності КРТ визначається знаком і величиною різниці між сумарною концентрацією власних і домішкових донорів і акцепторів. Така ситуація вимагає прецизійного керування концентраціями власних дефектів для забезпечення необхідних електрофізичних і фотоелектричних властивостей КРТ. Переважна більшість досліджень по вивченню природи власних точкових дефектів в КРТ виконана на матеріалах з термодинамічно рівноважними концентраціями точкових дефектів, одержаних довготривалим термічним відпалом при контрольованому тиску парів ртуті.

В реальних умовах виготовлення та експлуатації фотоелектричних перетворювачів на основі КРТ початкові концентрації електронів та дірок можуть суттєво змінюватись за рахунок зміни концентрацій власних точкових дефектів. Особливо небезпечними є перехідні процеси при включенні (виключенні) приладів, опроміненні потужною радіацією, різкій зміні температури, тощо.

Незважаючи на важливість проблеми, наукова інформація про динамічні процеси в системі точкових дефектів КРТ є дуже обмеженою. Таким чином, постановка систематичних досліджень по вивченню процесів генерації (реком-

бінації) власних точкових дефектів і їх взаємодії з наявними в кристалічній матриці КРТ іншими дефектами є актуальною задачею сучасного матеріалознавства.

Мета роботи. Встановити домінуючий механізм утворення акцепторних станів в КРТ при високих температурах,

Для досягнення поставленої мети необхідно було розв'язати наступні задачі:

- створення методики імпульсного нагріву зразків КРТ із неперервним вимірюванням температури,
- розробку моделі гетероструктури для реалізації рівномірного нагріву шару HgTe або КРТ імпульсним лазерним випромінюванням,
- підвищення достовірності вимірювань гальваномагнітних властивостей досліджуваних зразків КРТ в сильних магнітних полях,
- дослідження процесів розпаду кластерних утворень в КРТ при імпульсному нагріві,
- дослідження температурно-часових особливостей генерації вакансій ртуті при імпульсному нагріві зразків КРТ у вакуумі,
- застосування нових фізичних принципів для неруйнуючого вимірювання концентрацій вакансій ртуті в КРТ.

Наукова новизна.

1. Вперше виконані систематичні дослідження особливостей генерації акцепторних станів при різних часових і температурних умовах імпульсного нагріву зразків КРТ. Показано, що основний внесок в зміну концентрацій електрично активних дефектів вносить генерація подвійно заряджених вакансій ртуті за рахунок виходу атомів ртуті через поверхню. Оцінено коефіцієнт out-дифузії, який становить приблизно $10^{-6} \text{ см}^2\text{с}^{-1}$ при 400°C .
2. Встановлено, що в деяких монокристалічних зразках КРТ, вирощених методом Бріджмена, при швидкому їх нагріві і охолодженні спостерігається ефект розпаду кластерів ртуті. Проявом цього ефекту є значне, до декількох порядків, збільшення концентрації електронів.
3. Вперше встановлено кореляцію між концентрацією акцепторів в КРТ та часовими спектрами анігіляційного випромінювання позитронів.
4. Запропонована і експериментально перевірена модель гетероструктури, яка дозволяє здійснювати рівномірний по товщині імпульсний нагрів епітаксійного шару напівпровідника потужним лазерним випромінюванням.

5. Розроблені методики та апаратура, які дозволяють проводити імпульсний нагрів зразків із одночасним вимірюванням їх температури. Створений автоматизований апаратурний комплекс, що дозволяє проводити вимірювання гальваномагнітних властивостей напівпровідникових матеріалів в сильних імпульсних магнітних полях (до 20 Тесла) з підвищеною достовірністю вимірювань.

Практична цінність роботи. Методика і апаратура для імпульсного нагріву зразків із одночасним вимірюванням температури їх поверхні може бути використана при дослідженні стійкості напівпровідникових матеріалів до циклічних змін температури.

На основі одержаної інформації по еволюції структури власних електрично активних точкових дефектів при термічних імпульсних впливах можливе прогнозування змін працездатності приладів на основі КРТ.

Експериментально встановлена можливість зменшення виходу атомів ртуті з поверхні КРТ у вакуум шляхом нанесення захисних діелектричних шарів, що дозволяє створювати локальні р-п переходи планарного типу в п-КРТ.

На захист виносяться наступні наукові положення:

1. Домінуючий механізм генерації акцепторних станів при нагріві КРТ у вакуумі.
2. Особливості розпаду кластерів ртуті в деяких зразках КРТ, вирощених методом Бріджмена.
3. Температурні та часові особливості еволюції концентрацій електрично активних власних точкових дефектів при імпульсному нагріві КРТ.
4. Кореляційні співвідношення визначення концентрації акцепторів методами електронно-позитронної ангіляції та гальваномагнітними вимірами.
5. Модель гетероструктури для однорідного нагріву по товщині шару напівпровідника потужним лазерним випромінюванням, для якого підкладка є прозорою, а напівпровідник сильно поглинає це випромінювання.
6. Комплекс методичних розробок і апаратури для реалізації імпульсного прогріву і неперервного контролю температури досліджуваних зразків.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на конференціях:

- Ювілейна наукова конференція присвячена 40-річчю фізичного факультету. (Львів, 27-28.5.1993);

- I Міжнародна науково-технічна конференція 'Матеріалознавство алмазо-подібних і халькогенідних напівпровідників'. (Чернівці, 4-6.10.1994);
- E-MRS 1995 Spring Meeting. Symposium D: Purification, Doping and Defects in II-VI Materials. (Strasbourg, France; 22-26.5.1995);
- Міжнародна школа-семинар 'Фізичні проблеми матеріалознавства напівпровідників'. (Чернівці, 11-16.9.1995);
- Міжнародна конференція з фізики та технології тонких плівок. (Івано-Франківськ, 2-7.10.1995);
- Photonics West'96. Photodetectors: Materials and Devices. (San Jose. California. USA. 1-2.2.1996);
- Expert Evaluation and Control of Compound Semiconductors: Materials and Technology. (Freiburg. Germany. 12-15.5.1996);
- 10th International Conference on Thin Films. (Salamanca. Spain. 23-27. 9. 1996).

Особистий внесок дисертанта. Дисертантом розроблені математичні моделі і проведені необхідні розрахунки та виконані всі експериментальні дослідження по темі дисертаційної роботи.

Публікації. Основні матеріали дисертації опубліковані у 14 роботах, список основних з яких наведено в кінці автореферату.

Структура і об'єм дисертації. Дисертаційна робота включає вступ, 5 розділів і висновки, які викладені на 145 сторінках машинописного тексту, додатку та списку літератури, який включає 143 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ.

У **вступі** обговорюється актуальність теми, коротко описано зміст роботи, сформульовані положення, що виносяться на захист, новизна, наукова і практична цінність задач, що розв'язані при виконанні дисертаційної роботи.

Перша глава - оглядова. У ній здійснено аналіз теоретичних і практичних робіт присвячених проблемі власних дефектів в КРТ.

Друга глава присвячена математичному моделюванню процесів нагріву зразків КРТ лазерним випромінюванням з різною енергією квантів. У вступі наведений опис потужних джерел випромінювання, які можуть бути застосовані для імпульсного нагріву досліджуваного матеріалу.

На основі аналізу опублікованих робіт зроблено висновок про неможливість рівномірного по товщині нагріву однорідних зразків КРТ лазерним випромінюванням з $h\nu > E_g$ при тривалостях імпульсів менших від секунди та товщинах зразків в декілька сотен мікрометрів.

Запропонована двошарова структура, що складається з прозорої для випромінювання CO_2 лазера ($\lambda = 10.6 \mu\text{м}$) монокристалічної підкладки (CdTe) і сильно поглинаючого епітаксійного шару (HgTe). В таких зразках можливо здійснити імпульсний рівномірний нагрів порівняно тонкого епітаксійного шару за часи порядку декількох мілісекунд, і швидке його охолодження за рахунок відводу тепла в масивну підкладку, яка не встигає нагрітися за такий короткий час.

Побудована математична модель, яка описує цей процес.

Рішення рівняння теплопровідності знаходилося методом скінчених різниць із застосуванням стійкої схеми із випередженням. Для дослідження точності чисельного розв'язку рівняння теплопровідності та для визначення оптимальної кількості часових шарів, було проведено серію чисельних обчислень при різній кількості часових шарів та при фіксованих значеннях інших параметрів задачі (геометричні розміри, кількість координатних шарів, час експозиції, інтенсивність випромінювання). Як слідує з отриманих даних, кількість часових шарів $N=200$ забезпечує точність не гіршу ніж 0.5°C . В наступних обчисленнях використовувалась саме таке значення N .

З метою визначення умов однорідного прогріву тонкого монокристалічного шару HgTe була побудована залежність характерних температур від часу експозиції для двох випадків опромінення досліджуваної системи - з боку підкладки CdTe та з боку тонкого шару HgTe (рис.1).

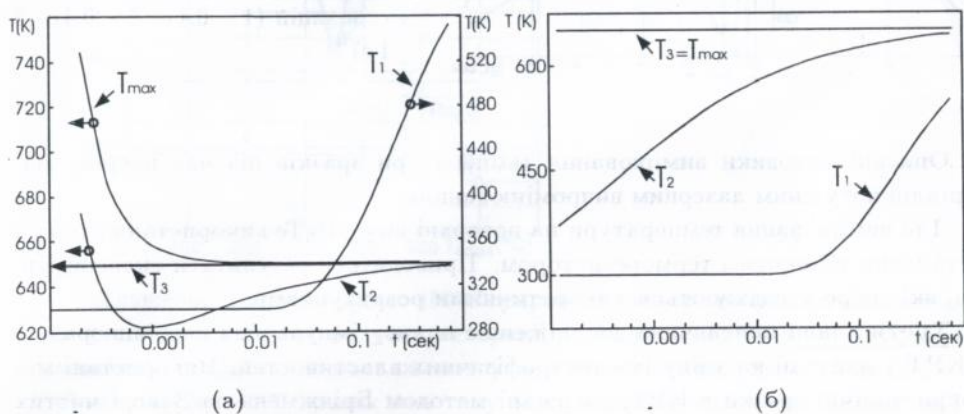


Рис. 1: Залежності характерних температур від часу експозиції при нагріві випромінюванням CO_2 лазера з боку підкладки CdTe (а) та з боку шару HgTe (б). T_1 - температура на поверхні тильної сторони підкладки CdTe ($x = -L_{\text{CdTe}}$), T_2 - температура на межі розділу CdTe - HgTe ($x=0$), $T_3 = 650\text{K}$ - температура на поверхні монокристалічного шару HgTe ($x=L_{\text{HgTe}}$), T_{max} - максимальна температура в інтервалі $-L_{\text{CdTe}} < x < L_{\text{HgTe}}$.

У випадку експозицій більших 0.5 с має місце однорідний прогрів тонкого

шару HgTe для обох досліджуваних випадків (реалізується *ізотермічний* режим нагріву).

При зменшенні часу опромінення лазером з боку підкладки, однорідність нагріву зберігається до часів на два порядки менших. Так, при експозиції в декілька мілісекунд, неоднорідність нагріву шару HgTe складає 20°C та займає $\sim 1/5$ частину товщини шару. Відповідно при опроміненні лазером з боку шару HgTe, при такому самому часу експозиції, неоднорідність температурного профілю має місце по всій товщині шару HgTe і складає більше ніж 100°C.

Слід відмітити і другу позитивну сторону застосування двошарової структури - при малих експозиціях підкладка CdTe не встигає нагрітися, що сприяє швидкому охолодженню зразків по завершенню експозиції за рахунок відтоку тепла у підкладку, що добре видно на рис.2.

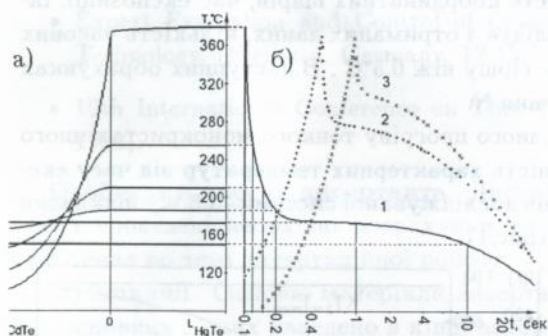


Рис. 2: Охолодження досліджуваної структури після нагріву лазерним випромінюванням з боку підкладки. а) розподіл температури, б) часові залежності температури на поверхні шару HgTe для різних експозицій (1 - 0.1 с, 2 - 0.4 с, 3 - 1 с).

Описані методики вимірювання температури зразків під час нагріву матеріалів потужним лазерним випромінюванням.

Для вимірювання температури на поверхні шару HgTe використана схема з металевим плівковим терморезистором. Приводяться результати експериментів, які добре узгоджуються з теоретичними розрахунками.

Третя глава присвячена дослідженню впливу імпульсних нагрівів зразків п-КРТ у вакуумі на зміну їх електрофізичних властивостей. Використані монокристалічні зразки п-КРТ, одержані методом Бріджмена на Заводі чистих металів (м.Світловодськ Кіровоградської області) з концентрацією носіїв близькою до власної, та епітаксійні шари HgTe або КРТ, одержані в Інституті прикладної фізики Львівського державного університету ім.Ів.Франка. Монокристалічні зразки мали розміри $10 \times 1 \times 0.1 \text{ мм}^3$ і нагрівались імпульсами струму. Епітаксійні шари нагрівались випромінюванням CO_2 лазера або імпульсами струму.

У випадку нагріву імпульсами струму вимір температури поверхні зразків і її зміни із часом здійснено безконтактним способом шляхом реєстрації інфра-

червоного (ІЧ) випромінювання досліджуваних зразків. В якості детектора ІЧ випромінювання використаний фоторезистор на основі КРТ з $\lambda_{гр} = 10 \mu\text{м}$.

Аналіз і узагальнення результатів багаточисельних досліджень по імпульсному нагріву монокристалічних зразків КРТ різних партій та епітаксійних шарів, одержаних з газової фази, дозволяє умовно розділити їх на дві групи - зразки монокристалічного КРТ, в яких при імпульсному нагріві зафіксований розпад кластерів ртуті і зразків, в яких цей ефект не спостерігається. Імпульсний нагрів у вакуумі зразків першої групи здійснювався імпульсами струму з постійною тривалістю в одну секунду. Після кожного нагріву проводились вимірювання гальваномагнітних властивостей в температурному інтервалі 77-300К та магнітному полі 0.362Тл. Результати цих вимірювань наведені на рис.3. Як слідує з цих результатів достовірно фіксується збільшення концентрації електронів в зразках підданих імпульсному нагріву до температури 350°С. Найбільш імовірною причиною зростання концентрації електронів може бути розпад кластерів ртуті, що супроводжується впровадженням атомів ртуті в міжвузля.

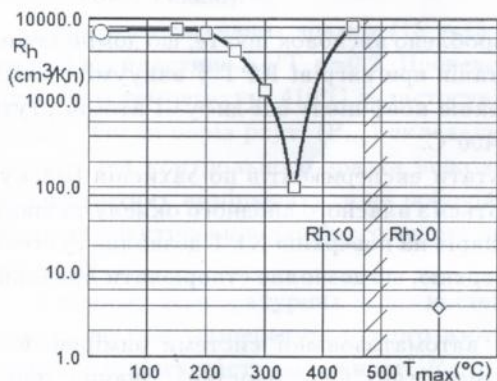


Рис. 3: Залежність постійної Холла (R_h при 77 К, 0.362 Тесла) від максимальної температури нагріву (T_{max}).

Збільшення температури до 450°С супроводжується частковою компенсацією донорних станів або за рахунок генерації власних акцепторів, або за рахунок зменшення кількості впроваджених у міжвузля атомів ртуті. Фактично після нагріву до 450°С зразок має таку саму величину постійної Холла, як і до першого нагріву. Морфологія поверхні після таких нагрівів не зазнає будь-яких змін.

Інтенсивне розпилення речовини з поверхні мало місце при нагріві до температури 600°С.

При певних часових і температурних умовах імпульсного нагріву всі дослідженні зразки п-КРТ інвертують тип провідності і концентрація власних акцепторів перевищує 10^{16}см^{-3} при початковій концентрації електронів на рівні 10^{14}см^{-3} .

Для встановлення домінуючого механізму утворення акцепторних станів при імпульсному нагріві зразків КРТ у вакуумі виконана серія цілеспрямованих експериментів.

Зразки монокристалічного n-КРТ ($x \approx 0.2$) нагрівались імпульсами струму тривалістю в 1 сек. до різних температур. В кожному експерименті використовувалась пара зразків, які виколувались з пластини поруч. На основі проведених вимірювань гальваномагнітних властивостей зроблено припущення про те, що їх вихідні електрофізичні параметри є близькі і ця умова зберігається по товщині зразків. Один зразок нагрівався імпульсом струму до температур більших 350°C , а другий не оброблявся. Після цього проводились вимірювання гальваномагнітних властивостей із пошаровим травленням поверхні зразків. Аналіз одержаних результатів свідчить про те, що лише в зразках n-КРТ, нагрітих імпульсом електричного струму, на поверхні існує шар певної товщини з інвертованим типом провідності. Товщина цього шару визначається умовами імпульсного нагріву. Додатковим аргументом до результатів гальваномагнітних вимірювань є утворення в зразку, що був підданий імпульсному нагріву, p-n переходу.

На основі цієї серії експериментів зроблено висновок про те, що домінуючим механізмом утворення акцепторних станів при нагріві КРТ у вакуумі є вихід атомів ртуті через поверхню. За оцінкою коефіцієнт out-дифузії атомів ртуті становить приблизно $10^{-6} \text{ см}^2\text{с}^{-1}$ при 400°C .

В цій главі також наведені результати експериментів по захисній (маскуючій) дії захистних шарів, які складаються з власного анодного окислу та шару CdTe. Показано, що нанесення таких шарів на поверхню КРТ дозволяє суттєво зменшити вихід атомів ртуті через поверхню, що дозволяє створювати локальні p-n переходи.

У **четвертій главі** наведено опис автоматизованої системи вимірювання температурних залежностей гальваномагнітних властивостей. Значна увага приділена розрахунку похибок вимірювань. Наведений опис розробленої апаратури та методики дослідження польових залежностей гальваномагнітних властивостей напівпровідників в імпульсних магнітних полях. Представлена система генерації імпульсного магнітного поля (до 20 Тесла) та модуль реєстрації даних. Запропонована нова методика компенсації наводок, що індукуються імпульсним магнітним полем із застосуванням компенсуючих котушок із змінним ефективним перерізом. Блок аналогових підсилювачів та інтегратор, які входять до складу модуля реєстрації даних, утворюють відповідно два вимірювальні канали. Напруги з виходів цих каналів комутуються аналоговим комутатором на вхід швидкодіючого АЦП у послідовності, заданій програмно. Результати перетворення АЦП (12 розрядів + розряд переповнення) та номер каналу (3 розряди) вводяться в ОЗП об'ємом 2048×16 -ти розрядних слова

та після завершення експерименту передаються в ЕОМ. Швидкодія АЦП дає змогу виконати 2048 вимірювань за 2-2.5 періоди коливання індукції магнітного поля.

П'ята глава присвячена розгляду можливостей позитронної діагностики для реєстрації акцепторних станів в КРТ.

Вивчення анігіляції позитронів в напівпровідникових кристалах з наявністю структурних дефектів (вакансій, вакансійних кластерів, дислокацій та т.п.) показало, що позитрони інтенсивно захоплюються такими дефектами. Опубліковані праці з вимірювань часу життя позитронів в КРТ свідчать про великий розкид чисельних значень цієї величини в зразках КРТ різних технологічних партій. Для уникнення цієї неоднозначності усі експерименти по встановленню кореляції між часом життя позитронів в КРТ і концентрацією власних акцепторних станів (вакансій атомів ртуті) виконані нами на одній і тій же парі зразків.

Дослідження анігіляції позитронів в КРТ були проведені у співробітництві із Я.Філіпецьким (Dr.J.Filipecki, Instytut Fizyki Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Częstochowa, Poland).

Пара досліджуваних зразків ($15 \times 15 \text{ мм}^2$) та контрольний зразок були відколоті від пластини КРТ, $x=0.2$. Проведено чотири відпали цих зразків в парах ртуті при температурі 410°C із застосуванням стандартної двохтемпературної схеми. Тиски парів ртуті (P_{Hg}) склали 2.07, 0.5, 0.1, 0.02 атм. Після кожного відпалу від контрольного зразка відколювали частину для проведення гальваноманітних вимірювань, а на робочій парі зразків проводили вимірювання часових спектрів анігіляційного випромінювання позитронів при кімнатній температурі.

З аналізу температурних залежностей постійної Холла було зроблено висновок, що при температурі рідкого азоту акцепторні рівні є повністю іонізованими, а відсутність залежності R_H від індукції магнітного поля дозволяла застосовувати односторонню модель для обрахунку концентрації дірок (N_a) у випадку зразків р-типу провідності та електронів у випадку вихідного зразка.

Для обробки результатів досліджень спектрів анігіляційного випромінювання використовувалось програмне забезпечення *POSITRON*. Результати цих досліджень наведені в таблиці 1.

На основі аналізу результатів виконаних експериментів встановлена кореляція між концентрацією акцепторів в КРТ та першою компонентою в спектрі часу життя позитронів (рис.4).

У **додатку** до дисертації описана система, що застосовувалась для автоматизації експериментальних досліджень.

Табл. 1: Результати досліджень спектрів анігіляційного випромінювання позитронів.

Зразок	T_n	P_{Hg}	Тип	N_a	τ_1	τ_2	I_1	I_2
	$^{\circ}C$	атм.						
1	-	-	n		283 ± 1	1160 ± 8	99.1	0.9
2	200	0.02	p	$9.5 \cdot 10^{17}$	310 ± 1	1399 ± 9	99.6	0.4
3	250	0.10	p	$2.1 \cdot 10^{17}$	298 ± 1	1461 ± 9	99.5	0.5
4	320	0.50	p	$3.6 \cdot 10^{16}$	289 ± 1	-	100	0.0
5	400	2.07	p	$2.7 \cdot 10^{16}$	288 ± 1	1103 ± 9	99.7	0.3

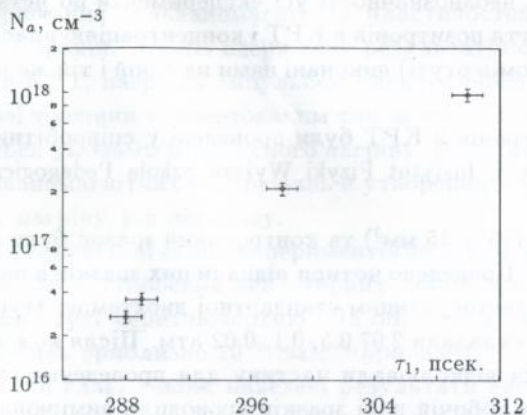


Рис. 4: Залежність між τ_1 та концентрацією акцепторів N_a (див. табл.1). Наведені похибки вимірювань.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ.

1. Вперше виконані систематичні дослідження особливостей генерації акцепторних станів при різних часових і температурних умовах імпульсного нагріву зразків КРТ. Показано, що основний внесок в зміну концентрації електрично активних дефектів вносить генерація подвійно заряджених вакансій ртуті за рахунок виходу атомів ртуті через поверхню. Оцінено коефіцієнт out-дифузії, який приблизно становить $10^6 \text{ см}^2/\text{с}$ при $400^{\circ}C$.
2. Зафіксовано в деяких монокристалічних зразках КРТ збільшення концентрації електронів після імпульсного нагріву до температури $350^{\circ}C$. Найбільш імовірною причиною зростання концентрації електронів може бути розпад кластерів ртуті, що супроводжується впровадженням атомів ртуті в міжвузля.
3. Вперше достовірно встановлено кореляцію між концентрацією акцепторів в КРТ та часом життя позитронів.
4. Показано, що нанесення на поверхню КРТ захисних шарів дозволяє в

- певному температурному діапазоні суттєво зменшити вихід ртуті через поверхню.
5. Розроблена математична модель, яка описує нагрів тонкого монокристалічного шару HgTe на масивній монокристалічній підкладці з CdTe потужним імпульсним випромінюванням CO₂ лазера. Проведені модельні експерименти показали перевагу запропонованої структури над одношаровою.
 6. Розроблена та реалізована методика контактного вимірювання температури шару HgTe під час експериментів по опроміненню імпульсним лазерним випромінюванням. Тонкоплівковий металевий резистор було використано в якості первинного перетворювача. Результати проведених досліджень добре узгоджуються із результатами модельних математичних розрахунків.
 7. Запропонована та реалізована методика нагріву зразків КРТ імпульсами електричного струму. Розроблена методика безконтактного вимірювання температури досліджуваних зразків, що нагріваються одиночними імпульсами електричного струму по власному інфрачервоному випромінюванню.
 8. Створений автоматизований апаратурний комплекс дозволяє проводити вимірювання гальваномагнітних властивостей в сильних імпульсних магнітних полях та отримувати результати з підвищеною достовірністю.
 9. Розроблено оригінальний метод компенсації наводок індукованих імпульсним магнітним полем із застосуванням компенсаційних котушек із змінним ефективним перерізом.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНІ У РОБОТАХ.

1. Савицкий В.Г., *Сторчун П.Е.* Моделирование прогрева двухслойной системы CdTe-HgTe излучением CO₂ лазера. Математическое моделирование. т.7 (1995), №9, с.23-34.
2. Савицкий В.Г., *Сторчун П.Е.* Динамика точечных дефектов в сплавах на основе теллурида ртути. Неорганические материалы. т.31 (1995), №10, с.1333-1334.
3. *Сторчун П.Е.* Обмен данными с внешними устройствами через параллельный интерфейс ЭВМ. Компьютеры + программы. 1995, №6, с.44-46.
4. Savitsky V.G., *Storchun P.E.* Peculiarities of electrically active states generation in HgCdTe. Proceedings SPIE. vol.2685 (1996), p.41-45.

5. Савицький В.Г., *Storchun P.E.* Апаратура та методика дослідження гальваноманітних властивостей напівпровідників в імпульсних магнітних полях. Журнал фізичних досліджень. т.1 (1996), №1, с.126-129.
6. Savitsky V.G., *Storchun P.E.* Rapid thermal annealing of n-(Cd,Hg)Te crystals. Material Science and Engineering B. v. 46 (1996), p. -

Storchun P.E. Investigation of dynamic processes of native defects and their aggregates generation (recombination) in mercury telluride and solid solution on his basis.

Thesis of a Candidate of Physics and Mathematics in 01.04.10 - Semiconductor and Insulator Physics.

Ivan Franko State University, Lviv, Ukraine, 1996.

Fourteen scientific papers presenting results of dominant mechanism determination of acceptor states formation in $Cd_xHg_{1-x}Te$ under high temperature conditions.

The investigation of peculiarities of acceptor states generation in $Cd_xHg_{1-x}Te$ was firstly carried out by pulsed heating techniques under different temperature conditions.

It was demonstrated that generation of mercury vacancy due to mercury atoms outflow through surface plays dominant role in concentration change of electrically active states.

Procedure and equipment for pulsed heating of $Cd_xHg_{1-x}Te$ investigated samples with temperature measurement was developed.

Correlation between concentration of acceptor states and positron lifetime data in $Cd_xHg_{1-x}Te$ was determined.

Сторчун П.Е. Исследование динамических процессов генерации (рекомбинации) точечных дефектов и их агрегатов в теллуриде ртути и твердых растворах на их основе.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 - физика полупроводников и диэлектриков.

Львовский государственный университет им. Ив. Франко, г. Львов, Украина, 1996.

Защищается 14 научных работ, которые содержат результаты исследований по определению доминирующего механизма образования акцепторных состояний в $Cd_xHg_{1-x}Te$ (КРТ) при высоких температурах.

Впервые выполнены систематические исследования особенностей генерации акцепторных состояний при различных временных и температурных условиях импульсного нагрева образцов КРТ. Показано, что основной вклад в изменение концентраций электрически активных дефектов вносит генерация вакансий ртути за счет выхода атомов ртути через поверхность.

Разработаны методики и аппаратура, позволяющие проводить импульсный нагрев образца с одновременным измерением температуры.

Установлена корреляция между концентрациями акцепторов и временными спектрами аннигиляционного излучения позитронов.

437137

