

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Копач Василини Вікторівни**
“Фізико-хімічні закономірності фазових перетворень та властивості стопів потрійної системи
 $\text{CdTe}-\text{ZnTe}-\text{MnTe}$ ”, що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата хімічних
наук за спеціальністю 02.00.01 – хімія твердого тіла.

Дисертаційна робота **Копач Василини Вікторівни** присвячена встановленню закономірностей процесів топлення та кристалізації твердих розчинів системи $\text{CdTe}-\text{ZnTe}-\text{MnTe}$, збагачених CdTe , поведінки цих сплавів при їх нагріванні та охолодженні в області температури топлення, а також дослідженням електричних і оптичних властивостей вирощених кристалів твердих розчинів з метою розробки наукових основ синтезу нових перспективних матеріалів на основі CdTe з прогнозованими властивостями. На сучасному етапі CdTe знаходить достатньо широке використання при виготовленні приладів медичного призначення та перетворювачів сонячної енергії, в ядерній енергетиці, нелінійній та інфрачервоній оптиці і військовій техніці, що свідчить про актуальність дисертаційного дослідження. Це підтверджується і тим, що використання твердих розчинів на основі CdTe різних складів дозволяє керувати їх властивостями, тобто задавати величину забороненої зони, його оптичні та електрофізичні властивості.

У вступі до дисертаційної роботи дисертуанткою чітко обґрунтовано її актуальність, грамотно сформульовано об'єкт і предмет дослідження, мету і його завдання, сформульовано наукову новизну отриманих результатів та їх практичне значення, представлено відомості про реалізацію та апробацію отриманих результатів і їх висвітлення в науковій літературі, детально відмічено особистий внесок автора. В літературному огляді проаналізовано відомості про фазові рівноваги в бінарних $\text{Cd}(\text{Zn}, \text{Mn})-\text{Te}$ і квазібінарних $\text{CdTe}-\text{ZnTe}(\text{MnTe})$ та $\text{ZnTe}-\text{MnTe}$ системах. Розглянуто структурні, оптичні та електрофізичні властивості кристалів твердих розчинів $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$, $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ та $\text{Zn}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$. Відмічено, що структурні особливості кристалів твердих розчинів $\text{Cd}_{1-x-y}\text{Mn}_x\text{Zn}_y\text{Te}$ та зміна їх оптичних і електричних властивостей в залежності від вмісту Zn та Mn вивчені в недостатній мірі, хоча існує значний науковий інтерес у встановленні впливу Zn та Mn на зміну параметрів гратки, ширини забороненої зони та питомого опору кристалів вказаних тетрагональних твердих розчинів.

В другому розділі висвітлено методики синтезу сплавів квазіпотрійної системи $\text{CdTe}-\text{ZnTe}-\text{MnTe}$, збагачених CdTe , і проведення диференційного термічного і рентгенофазового аналізу, а також вирощування кристалів $\text{Cd}_{1-x-y}\text{Mn}_x\text{Zn}_y\text{Te}$ та дослідження їх властивостей

різними фізичними методами. Слід відзначити, що для всіх експериментів, які передбачають розрахунки, вказано похиби та методику статистичної обробки отриманих результатів.

Третій розділ присвячено висвітленню та обговоренню результатів, отриманих при дослідженні фазових рівноваг в квазіпотрійній системі CdTe–ZnTe–MnTe зі сторони CdTe. Встановлено, що з підвищеннем вмісту MnTe у вихідних сплавах від 10 до 30 мол.% температура початку топлення сплавів (солідус системи) має тенденцію до зниження, а збільшення вмісту ZnTe від 5 до 15 мол.% призводить до підвищення температури початку топлення досліджуваних зразків. Показано, що температурний інтервал існування вказаних сплавів в двофазному стані (тверда фаза+розплав) становить 12-15 К.

Встановлено, що залежності об'ємної частки твердої фази в сплавах $Cd_{1-x-y}Mn_xZn_yTe$ ($x = 0,10-0,30$, $y = 0,10-0,15$) характеризуються критичною температурою, яка, в свою чергу, характеризує зміну механізму топлення твердої фази. Зміна енергії активації процесу топлення свідчить про зміну хімічного складу фаз, а домінуючу роль при кристалізації розплавів $Cd_{1-x-y}Mn_xZn_yTe$ відіграють структурні фрагменти на основі CdTe.

В четвертому розділі викладено результати з вирощування монокристалів твердих розчинів $Cd_{1-x-y}Mn_xZn_yTe$ та дослідження їх кристалічної якості. Не всі злитки вдалося отримати в монокристалічному стані, причому структурна досконалість кристалів погіршувалася із зростанням вмісту ZnTe. В усіх вирощених кристалах спостерігалася наявність різної кількості вкраплень другої фази, які то скупчувалися в певних місцях злитків, то були рівномірно розподілені во всьому об'єму кристалів. На основі даних рентгенофазового аналізу визначено, що постійна гратки твердих розчинів лінійно зменшується зі збільшенням концентрації Mn та Zn, а в результаті проведення оптичних вимірювань встановлено, що ширина забороненої зони лінійно зростає із збільшенням вмісту як MnTe, так і ZnTe.

Дослідження електричних властивостей кристалів твердих розчинів квазіпотрійної системи CdTe–ZnTe–MnTe зі сторони CdTe описано в п'ятому розділі. За допомогою вимірювання вольт-амперних характеристик встановлено, що зміна концентрації Mn і Zn практично не впливає на величину питомого опору кристалів тетрагональних твердих розчинів. На основі проведених високотемпературних вимірювань виявлено, що гратка вирощених кристалів є нестабільною, а її стабілізація досягається при витримці зразків впродовж декількох годин при 873-973 К. Визначення природи точкових дефектів та домінуючих носіїв заряду у вирощених кристалах при різних температурах показало, що в них спостерігається підвищений вміст вакансій металу.

Отримані в роботі дані мають не тільки фундаментальне значення, але й характеризуються практичною спрямованістю, оскільки експериментальні результати дисертаційного дослідження можуть бути використані для покращення структурної досконалості вирощуваних кристалів тетраграфних твердих розчинів $Cd_{1-x}Mn_xZn_yTe$, а також для прогнозування і контролю параметрів вирощених кристалів за рахунок зміни співвідношення вихідних речовин та температурних режимів передростової термообробки.

Узагальнюючи можна сказати, що **Копач В.В.** виконала значне за обсягом наукове дослідження, яке позбавлене суттєвих недоліків, але до якого можна зробити деякі зауваження.

1. В назві дисертаційної роботи використано дуже застарілий термін “*стоп*”, який використовувався майже 100 років тому. Зараз більш звичним терміном є “*сплав*”. До речі, в анотації російською мовою цей термін теж використовується, а “*температура топлення*” перекладено як “*температура топки*”.

2. Розділ 1.2 називається “*Дослідження потрійних систем на основі CdTe*”, але системи, які далі описуються не є потрійними: це квазібінарні розрізи квазіпотрійної системи. Потрійні системи характеризуються наявністю трифазної області, а її немає в жодній з аналізованих систем.

3. В науковій новизні отриманих результатів відмічено, що в дисертаційній роботі “*вперше досліджено області поверхні ліквідусу та солідусу в потрійній системі CdTe–ZnTe–MnTe зі сторони CdTe*”, але такі області не досліджуються, а будуються в результаті дослідження фазових рівноваг в системі.

4. При виготовленні зразків для оптичної спектроскопії, які мали товщину 1,5 мм, порушений шар знімали хімічним травленням, але його товщина не вказана. В літературі є дані, що в результаті механічної обробки зразки такої товщини порушуються на всю глибину, тобто не можна твердити, що порушений шар знято повністю. Напевно мова йде про найбільш порушену частину цього шару.

5. Незважаючи на те, що дисертація написана гарною українською мовою, в ній зустрічається русизми (“*в якості*”, сс. 6, 83, 100; “*більше 20 год.*”, с. 37), є граматичні помилки та описки. Рис. 1.26 названо фазовою діаграмою, хоча це не зовсім фазова діаграма, використовуються несистемні одиниці *мбар* (сс. 37, 38) та *атм* (с. 108), а на с. 85 є посилання на рис. 4.3в,г, яких в тексті немає. Не зрозуміло, що означають п’ятірки на рис. 1.22 та чому на рис. 2.13 представлено зразок CdTe, легований алюмінієм. Крім того, в роботі використовуються терміни “*стала гратки*” та “*параметр комірки*”, а на рис. 1.26 використано “*параметр сталої гратки*”: це потрібно було уніфікувати. В табл. 4.4 вказано

“мольне співвідношення між компонентами”, а фактично це вміст компонентів в мольних частках.

6. Слід було більш ретельно відредактувати список використаних джерел, оскільки деякі посилання вказано без ініціалів авторів (13, 20), в деяких прізвища авторів чомусь написано великими літерами (19, 69), а в посиланні 42 прізвище автора вказано українською мовою, а назва статті – англійською. Крім того, дисерантка майже не використовувала підрядкові та надрядкові індекси: все написано одним рядком.

Однак, вказані зауваження не є суттєвими, не впливають на основні результати та висновки дисертаційної роботи **Копач В.В.** і не знижують її високої наукової вартості. Аналіз змісту дисертації та друкованих робіт дисерантки за темою дисертації показав високу достовірність викладених експериментальних даних і новизну здійсненого теоретичного обґрунтування, її вміння вдало поєднувати хімічні та фізичні методи досліджень для отримання відповіді на поставлені перед нею проблеми. В роботі відсутні порушення академічної добросесності.

Вважаю, що подана до захисту дисертаційна робота “Фізико-хімічні закономірності фазових перетворень та властивості стопів потрійної системи CdTe–ZnTe–MnTe” відповідає всім вимогам, що ставляться до кандидатських дисертацій, і виконана в кращих традиціях чернівецької школи хіміків, котрі працюють в галузі хімії напівпровідників, а її авторка – **Василина Вікторівна Копач** – заслуговує присудження наукового ступеня кандидата хімічних наук за спеціальністю 02.00.21 – хімія твердого тіла.

Офіційний опонент, докт. хім. наук, проф.,
prov. наук. співр.

Інституту фізики напівпровідників
ім. В.Є. Лашкарьова НАН України


B.M. Томашик

Підпис Томашика В.М. засвідчує:

В.о. вченого секретаря ІФН

ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
канд. фіз.-мат. наук




P.A. Ред'ко