

ВІДГУК
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Мисько-Крутік Наталії Сергіївни
«**Структура та морфологія бінарних сплавів на основі Ar, Kr, N₂,
CH₄**», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-
математичних наук
за спеціальністю – 01.04.07 фізика твердого тіла

Актуальність дисертації. Фізика кріокристалів є перспективним напрямком розвитку фізики твердого тіла. Завдяки своїй відносній простоті кріокристали є ідеальними модельними об'єктами при вирішенні ряду задач фізики твердого тіла. Окрім фундаментальних аспектів, бінарні сплави мають широке застосування у прикладних дослідженнях та розробках, серед яких космічні лабораторії, що використовуються з ціллю знаходження та аналізу сплавів, які є в кріоконденсованому стані на поверхні різних космічних об'єктів.

Дисертація Мисько-Крутік Н.С. присвячена експериментальним дослідженням структури та морфології атомарно-атомарних, атомарно-молекулярних та молекулярно-молекулярних бінарних сплавів. Рішення питань формування регулярних твердих розчинів, визначення інтервалів їх розчинності, дослідження орієнтаційного порядку в молекулярних кристалах, створення неklasичних сплавів складають зміст дисертації та визначають її **актуальність** для фізики твердого тіла. Дослідження, що лягли в основу дисертації Мисько-Крутік Н.С., виконані у відділі теплових властивостей і структури твердих тіл та наносистем Фізико-технічного інституту низьких температур імені Б.І. Веркіна НАН України в рамках тематичного плану ФТІНТ за трьома темами НАН України.

Метою роботи було отримання експериментальних даних для встановлення структури та морфології бінарних сплавів кріокристалів. Вважаю, що, в межах поставлених авторкою завдань, мету було досягнуто.

Структура дисертації. Дисертація Мисько-Крутік Н.С. складається з вступу, шести оригінальних розділів та списку використаних джерел. Усі розділи містять власні короткі вступи та висновки.

Перший розділ «Структура та властивості кріокристалів» містить огляд літературних даних щодо сучасного стану теоретичних та експериментальних досліджень структури та властивостей твердих бінарних сплавів, охарактеризовано наявність теоретичних підходів для пояснення процесу формування розчину та вказано їх умови. В кінці розділу наведено постановку завдань. Літературний огляд, а також бібліографія, свідчать про достатній обсяг знань і ґрунтовний науковий підхід авторки до проблеми, що вивчається в дисертаційній роботі.

У **другому розділі** «Методика експерименту та обробки даних» докладно наведені методичні особливості досліджень, зокрема описано тонкощі низькотемпературної електронографії. Сплави формувались осадженням газоподібної суміші на зміщену алюмінієву та вугільну підкладки. Представлена у розділі інформація є достатньо докладною і в той же час ясно представлена.

Третій розділ «Дослідження сплаву Ar – Kr» присвячений результатам експериментальних досліджень атомарно-атомарного сплаву Ar – Kr. Аналіз структурних даних дозволив авторці вперше встановити в концентраційному інтервалі 50 – 70 мол % Ar область розпаду Ar – Kr сплаву. Вперше було проведено масштабний аналіз експериментальних даних з розрахунковими моделями, такими як правило Юм-Розері, теорія Пригожина, модель Баратта та правило Вегарда для всієї області взаємних концентрацій. Було показано можливість застосування кластерної моделі розчинів у концентраційному інтервалі 0 – 15 мол. %.

Четвертий розділ «Електронографічне вивчення бінарного сплаву N₂ – Kr» присвячено дослідженню молекулярно-атомарного сплаву. Особливостями чистих компонент була близькість структур, параметру ґратки, що гіпотетично сприяло необмеженій розчинності. Однак в сплаві N₂ – Kr вперше зафіксовано дві двофазні області. В інтервалі 59 – 89 мол. % Kr спостерігалось співіснування ГЦК та ГЦУ фаз. Вперше визначено концентраційну залежність зміни кількості частин ГЦУ та ГЦК

фази. Авторкою пояснено протяжність інтервалу існування розчину завдяки розрахунку значення відносних надлишкових об'єктів, які приходяться на домішки.

У **п'ятому розділі** «Структурні особливості сплаву $N_2 - CH_4$ » було розглянуто молекулярно-молекулярний сплав. Встановлені області існування $N_2 - CH_4$ розчину. Вперше досліджено кінетику рекристалізаційних процесів в криосплавах $N_2 - CH_4$. Встановлено, що в області 25 – 50 мол. % CH_4 існує нерівноважна аморфна фаза, яка та під час нагріву переходила в розчин з $\beta - N_2$ ґраткою. В інтервалі 55 – 75 мол. % CH_4 зафіксовано аморфний стан, нагрів якого приводив до перетворень в однофазний розчин з ГЦУ структурою метану.

Шостий розділ «Особливості структурних станів нанокристалічних сплавів аргон-криптон» присвячено отриманню нанодисперсного сплаву. Для цього було розроблено нову методику. Отримано сплав з незвичною морфологією, який складався з ГЦК та ГЦУ фаз аргону та інтенсивного гало, що відповідає криптону. Доведено, що процес зародкоутворення починається в газовій фазі.

Наукова новизна. Найбільш важливими результатами дисертації, що складають її наукову новизну, є наступні:

- Чітко встановлено області розчинності для атомарно-атомарного, атомарно-молекулярного та молекулярного сплавів, що має широку область використання для фізики твердого тіла.
- Вперше, на основі проведеного повнопрофільного аналізу отриманих експериментальних даних, детально досліджено особливості процесу орієнтаційного розупорядкування молекул азоту при введенні атомарних та молекулярних частинок.
- Розглянута морфологія та структура низькотемпературних зразків $N_2 - CH_4$ у всьому інтервалу взаємних концентрацій.
- Вперше розроблено методику для отримання наноструктурного аргон-криптонового сплаву з незвичними структурними властивостями.

Аналіз дифракційних картин сплаву показав, що він складається з ГЦК фази аргону, ГЦУ формацій аргону, а також аморфної фази криптону.

Таким чином, результати, отримані в дисертаційній роботі, представляють **наукову цінність** для розвитку даного напрямку фізики твердого тіла.

Достовірність і обґрунтованість результатів дисертації Мисько-Крутік Н.С. забезпечується: великою кількістю експериментальних даних, отриманих з використанням складного експериментального устаткування; ретельністю постановки експериментів і обробки отриманих результатів, включаючи повнопрофільний аналіз; публікацією робіт автора в провідному фаховому виданні та апробацією результатів дисертації на багатьох міжнародних конференціях.

Наукова та практична цінність отриманих результатів.

Отримані автором експериментальні результати можуть бути використані для розвитку фундаментальних уявлень про природу і процеси формування бінарних сплавів. Практична значимість отриманих результатів полягає в поясненні динамічних процесів в оберտальній підсистемі молекулярних кристалів, виявлення їх зв'язку зі структурою, морфологією та властивостями об'єктів дослідження. Це особливо важливо в зв'язку з тим, що стрімко зростає розвиток астрофізичних досліджень сонячної системи. Отримані дані можна використовувати для моніторингу поверхонь різноманітних елементів космічної апаратури та їх очистки. Екологічні проблеми в світі мають можливість бути вирішеними завдяки проведеним дослідженням, адже саме азотні сплави являються основою при формуванні полімерного азоту.

Основні результати дисертації Мисько-Крутік Н.С. повністю висвітлені у **5 наукових статтях** у провідному науковому виданні України з даного профілю, яке індексуються у наукометричних базах даних Scopus та Web of Science. Результати були представлені на 13 міжнародних конференціях і опубліковані в збірниках тез цих конференцій. Дисертація є завершеною

науковою працею, написаною логічно та зрозумілою науковою мовою і оформлена відповідно діючим вимогам. Автореферат повністю та вірно відображає зміст і структуру дисертації. Тема роботи і суть її наукових результаті пов'язані з морфологією та структурою твердотільних об'єктів, і повністю відповідають паспорту спеціальності 01.04.07 – фізика твердого тіла.

До змісту дисертації є наступні **зауваження**:

- 1) У роботі використовувався лише один, хоч і потужний, метод вимірювання характеристик отриманих бінарних сплавів, а саме – електроннографія. Даний метод дозволив авторці провести детальні дослідження структури отриманих систем, але поза увагою лишилися дані про розмірні та електронні характеристики бінарних розчинів та сплавів, які могли би дати додаткову інформацію щодо об'єктів, особливо в області обмеженої розчинності.
- 2) У дисертації постулюється особливий метод формування нанодисперсних сплавів, який дозволяє отримувати поліфазні зразки. При цьому незрозуміло, про які саме наноструктуровані зародки йдеться мова, які їх розміри та склад. З урахуванням товщини зразків лише 45 нм, можна припустити, що у випадках обмеженої розчинності компонентів і формування «типових» бінарних сплавів, які досліджувалися у дисертації, окремі фази також є наноструктурними включеннями. В такому разі, яка суттєва різниця між ними і нанодисперсними сплавами.
- 3) Стандартна похибка визначення параметрів ґратки вказується у дисертації як 0,005 Å. Як саме вона визначалася з урахуванням спочатку фотографування дифракційної картини, а потім сканування фотографій і отримання цифрової денситограми?
- 4) Дисертація містить помилки, описки, русізви та некоректне форматування (наприклад, відсутність пустої строки до і після рисунків, тощо).

Але зазначені зауваження не стосуються сутності роботи, основних висновків та наукових положень, що виносяться на захист, і не впливають на високу загальну оцінку дисертації Мисько-Крутік Н.С.

В якості узагальнення оцінки дисертації вважаю, що за актуальністю, новизною, рівнем і достовірністю отриманих наукових результатів та їх практичною значущістю дисертація Мисько-Крутік Н.С. «Структура та морфологія бінарних сплавів на основі Ar, Kr, N₂, CH₄» відповідає вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, зокрема пунктів 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її авторка, Наталія Сергіївна Мисько-Крутік, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальності 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент:

заступник директора з наукової роботи

Інституту сцинтиляційних матеріалів

НАН України,

доктор фізико-математичних наук



О.В. Сорокін