

## ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Латишева Віталія Михайловича

«Механізми росту 3D-структур С, Сu, Zn в умовах близькорівноважної стаціонарної конденсації»,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук зі спеціальності 01.04.07 – фізика твердого тіла

### 1. Актуальність теми дисертації.

Розвиток сучасних технологій в фізичній хімії, електроніці, та медицини спирається на використання мініюатиризованих пристроїв та приладів, будова яких істотно пов'язана із застосуванням нанооб'єктів з їх аномальними властивостями. Тому, на сьогодні, важливою постає задача про з'ясування умов, за яких можна створити необхідні наноструктури із наперед заданими фізичними та хімічними властивостями. Незважаючи на певні успіхи у створенні таких нанооб'єктів, вельми актуальними залишаються питання про з'ясування фізичних механізмів, які безпосереднім чином впливають на морфологію та фізико-хімічні властивості тривимірних металевих структур нанорозмірного масштабу. Дисертаційна робота В.М.Латишева присвячена вирішенню однієї з такого кола актуальних задач, а саме, вивчення та дослідження механізмів росту та закономірностей формування тривимірних структур на основі металів та вуглецю у процесах конденсації в системі «плазма-конденсат».

У роботі основну увагу зосереджено на вивченні процесів структуроутворення конденсатів у вигляді тривимірних систем при осадженні за умов, близьких до термодинамічної рівноваги. Використання в роботі оригінальної технології, на відміну від існуючих методів отримання тонких плівок, має певні переваги. У накопичувальній системі «плазма-конденсат» у результаті опромінення поверхні конденсатів потоками заряджених частинок створюються передумови близькорівноважної стаціонарної конденсації навіть для речовин, які мають низьку летучість. В таких умовах можливі процеси самозбирання конденсатів, які на відміну від відомих технологій дозволяють забезпечити отримання тривимірних структур. Як відомо, конденсацію речовини за близькорівноважних умов при іонному розпорощенні відносять до перспективного технологічного напрямку, тісно пов'язаного з нанотехнологіями та фундаментальних аспектів фізики переходу речовини у сконденсований стан. У зв'язку з вищенаведеним, вважаю, що тема дисертаційних досліджень В.М.Латишева є безсумнівно актуальною, а отримані експериментальні результати можуть бути використані при розв'язанні важливих наукових задач з формування конденсатів при безпосередній взаємодії ростової поверхні з низькотемпературною плазмою. Досліджувані у роботі структури можуть бути застосовані в каталізі, джерелах живлення, сенсорах, тощо. Про актуальність роботи свідчить її зв'язок з трьома науковими держбюджетними темами.

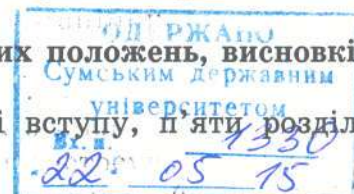
### 2. Наукова новизна.

До важливих наукових результатів дисертації слід віднести такі:

- показано, що при осадженні вуглецю в накопичувальній системі «плазма-конденсат» можливе формування тривимірних структур у вигляді системи переплетених вуглецевих волокон;
- при дослідженні механізмів росту пористих структур міді і встановлено зв'язок між параметрами осадження та морфологією конденсатів;
- встановлено особливості формування пористих систем цинку та виявлено три зони змін таких параметрів як потужність розряду і тиск робочого газу, у межах яких формуються подібні структури.

3. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Дисертаційна робота В.М.Латишева складається зі вступу, п'яти розділів,



висновків, списку використаних джерел.

У першому розділі описано стан проблеми, що стосується особливостей отримання наноструктур вуглецю, пористих систем металів і наноструктур цинку.

У другому розділі представлено обладнання і методики, що використовувались у роботі для отримання і дослідження конденсатів. Конденсати Cu та частина конденсатів Zn були отримані класичним методом магнетронного розпилення, тоді як конденсати C та інша частина конденсатів Zn – за допомогою накопичувальної системи «плазма-конденсат». Проаналізовано процеси осадження при підвищених тисках робочого газу, а також, умови наближення системи до термодинамічної рівноваги. Описано розроблену здобувачем установку для дослідження сенсорних властивостей зразків по відношенню до газового середовища.

У третьому розділі викладені результати досліджень закономірностей формування конденсату вуглецю при збільшенні стаціонарності процесу осадження внаслідок підвищення тиску робочого газу. При цьому відбувається формування вуглецевих волокон, а при збільшенні часу конденсації, формуються тривимірні пористі утворення із переплетених волокон.

У четвертому розділі наведена математична модель, що описує зміну пересичення біля ростової поверхні в процесі дозрівання за Оствальдом острівців міді. Із розрахунків на основі моделі було встановлено, що процес дозрівання супроводжується зниженням пересичення. Логічним продовженням розділу виступає всебічне дослідження механізмів росту пористих конденсатів міді та встановлення закономірностей між параметрами осадження і структурою конденсатів.

У п'ятому розділі досліджувалися особливості формування конденсатів цинку. При осадженні за допомогою накопичувальної системи «плазма-конденсат» виявлено три зони змін таких параметрів як потужність розряду і тиск робочого газу у межах яких формуються подібні тривимірні структури. Показано, що електричний опір окиснених структур цинку змінюється залежно від концентрації паливної суміші пропан-бутан. Тому, отримані структури можуть бути використані, як чутливі елементи газових сенсорів.

Автором запропоновані адекватні пояснення досліджених механізмів та закономірностей росту конденсатів в умовах близькорівноважної стаціонарної конденсації.

Основний зміст дисертації викладений у 11 основних публікаціях. З них 5 статей у фахових виданнях.

Робота ґрунтується на використанні вельми великої кількості експериментальних даних, отриманих особисто автором. При цьому застосовано сучасні структурні методи дослідження плівок та покриттів, зокрема: просвічувальна та растрова електронна мікроскопія, електронографія, рентгенографія та енергодисперсійний рентгенівський мікроаналіз, раманівська спектроскопія. Широкий спектр представлених зображень мікроструктур та узгодженість наукових результатів, отриманих різними методами, підтверджують їх достовірність і обґрунтованість.

#### 4. Практична цінність.

Зазначені у дисертаційній роботі наукові положення, загалом, розширюють уявлення про механізми самозбирання конденсатів C, Cu, Zn. Використовуючи взаємозв'язок між параметрами осадження та структурою конденсатів, що був викладений у роботі, можна отримувати вуглецеві нано- та мікрочастинки, тривимірні структури на основі переплетених вуглецевих волокон, пористі системи міді з заданими розмірами пор, нанонитки та пористі структури цинку і оксиду цинку. Ці структури можуть бути застосовані для створення елементів з розвиненою поверхнею різного призначення, для каталізу, медицини, сенсорної техніки, елементів живлення тощо. Безпосередньо у роботі показана можливість використання отриманих структур оксиду цинку як чутливих елементів газових сенсорів.

### 5. Недоліки роботи.

До поданої роботи можна зробити декілька зауважень та навести певні недоліки. Загальне зауваження є таким. У роботі увагу зосереджено на використанні експериментальних підходів для вивчення росту тривимірних структур конденсату, натомість, недостатньо наводяться математично формалізовані висновки про фізичну природу відповідних процесів.

До першого розділу роботи можна віднести такі зауваження. 1. Серед поданого, доволі широкого спектру експериментальних методів дослідження та вивчення формування структур конденсату автор не приділяє достатньої уваги огляду теоретичних та числових методів дослідження відповідних процесів.

2. У тексті розділу на ст.25 наведено формулу хімічної реакції, але необхідні коефіцієнти балансу відсутні.

3. У висновках до розділу бажано було б наочно показати та розкрити сутність оригінальних задач дисертаційного дослідження.

До другого розділу є таке зауваження.

На ст.46 у рівнянні (2.11) та при визначені дифузійного потоку (рядком нижче) є невідповідність розмірностей величин; цей факт успадковується далі на ст.47, де наведено відповідний розв'язок рівняння (2.11) з відсутнім розмірним коефіцієнтом.

Зауваження до третього розділу є таким. На ст.61 з тексту роботи складається враження, що її автор не впевнений у фізичних поясненнях щодо отриманих результатів, тоді як у текст роботи мав би нести стверджувальний характер. Це, зокрема, впливає з речення «Возможно, причины подавления повторного зарождения нановолокон кроются в изменении кинетики встраивания амотов в ростовую поверхность...».

До четвертого розділу є такі зауваження.

1. На ст.68-69 автор посилається на зображення конденсату, поданого на рис.1.5, та, на мій погляд, не доволі аргументовано робить висновок про неможливість протікання процесів коалесценції. При цьому у висновку про слабко виражений характер дифузії, що на мій погляд теж не достатньо аргументовано, очевидно мова йде лише про вільну дифузію адатомів.

2. Для пояснення кінетики росту зародків нової фази на ст.70 не наведено пояснень щодо адекватності вибору математичної моделі еволюції радіусу зародку, лише є посилання на літературні джерела.

3. На рис.4.4 (ст.78) наведено часову залежність пересичення, яка прямо пропорційно визначається динамікою концентрації нанокристалів, поданої раніше на рис.4.1. Тому рисунок 4.4 не несе нової інформації.

4. При поясненні та інтерпретації фізичних механізмів формування структур конденсату на ст.90-93 доречно було б скористатися вже відомими висновками опублікованим за результатами в теоретичних та експериментальних досліджень систем аналогічного типу, наприклад, з работ Кукушкіна (С.А.Кукушкин, А.В.Осипов, УФН, 41, (1998), 1083), Михайлова (D. Batogkh, M. Hildebrandt, F. Krischer, A. Mikhailov, Phys. Rep. 288 (1997) 435; M. Hildebrandt, A.S. Mikhailov, G. Ertl, Phys. Rev. E 58 (11) (1998) 5483.) та інш.

До п'ятого розділу є таке зауваження. Центральне місце в розділі та самій роботі займає рис.5.1, де наведено фазову діаграму в осях тиску робочого газу та потужності розряду. Не зовсім зрозумілим є спосіб отриманні цієї діаграми. При цьому, автор не подає інформацію, відповідно, до яких експериментальних даних було побудовано таку діаграму в додаток о цього говорить, що структури конденсату, отримані в різних областях цієї діаграми мало відрізняються одна від одної («одинаковые по характеру пористые структуры»). Саме останнє твердження виглядає суб'єктивним. Пояснення відмінностей конденсатів в різних областях міститься лише наприкінці розділу при вивченні впливу окислення на електроопір досліджуваних структур.

Зауваження стосовно оформлення дисертації є такими.

У розділі 2 та наступних розділах є доволі недоречні та недолугі вислови як-то: «диффузионный поток полностью переходит в сконденсированное состояние» (ст.48); «следует ожидать низкую стационарность процесса», «повышение стационарности процесса» (ст.54, висновки до розділу 2, аналогічно у розділі 3 на ст.59), «реализацию более стационарного технологического процесса» (висновки до розділу 3). У формулах (4.31) та (4.32) є ідентичні повторювання позначень для різниць хімічних потенціалів. У тексті розділу 5 присутні доволі дивні вислови, наприклад, «для понимания уровня полученных результатов», пояснення перекладу з англійської мови (ст.123); в тексті присутні пунктуаційні помилки.

#### 6. Загальні висновки по роботі.

Вважаю, що вказані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи В.М.Латишева.

Зміст автореферату повно відображає матеріал, викладений у дисертації. Оформлення роботи відповідає вимогам, які пред'являються до кандидатських дисертацій.

Дисертаційна робота Латишева Віталія Михайловича «Механізми росту 3D-структур С, Си, Zn в умовах близькорівноважної стаціонарної конденсації» за актуальністю, новизною отриманих результатів, їх достовірністю, практичною цінністю, повнотою викладення в опублікованих працях і висновках повністю задовольняє вимогам до кандидатських дисертацій, зокрема пунктам 9, 11, 12 і 13 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника", а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

#### Офіційний опонент

доктор фізико-математичних наук, професор,  
завідувач відділу моделювання радіаційних  
ефектів та мікроструктурних перетворень  
у конструкційних матеріалах  
Інституту прикладної фізики НАН України




Д.О. Харченко

Підпис засвідчую:

Учений секретар

Інституту прикладної фізики НАН України

к.ф.-м.н., с.н.с.

О.І.Ворошило