

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Панька Ігоря Ігоровича  
“Особливості оствальдієвського дозрівання нанодисперсних фаз в  
твердотільних та рідких середовищах”, подану на здобуття наукового  
ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 –  
фізика твердого тіла

Дисертаційна робота присвячена дослідженню поведінки кластерів, зокрема, нанорозмірних, в кристалічній чи рідинній матриці. В якій мірі вони здатні об'єднуватися, міняючи при цьому свої розміри? Як такі процеси протікають в часі? Які фактори визначають таке об'єднання? Чи можна ними керувати? Такі питання і відповіді на них є важливими не тільки з точки зору фундаментальних досліджень, але й з огляду практичного застосування досліджуваних систем, оскільки в кінцевому рахунку зачіпають питання стабільності роботи пристроїв на їх основі. Таким чином, актуальність теми дисертації не викликає сумніву. Важливо також те, що дослідження роботи тісно пов'язані з науковою тематикою кафедри професійної та технологічної освіти і загальної фізики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича за програмами “Кінетика фазових і структурних перетворень у нанодисперсних і спін-кросовер та метало-полімерних системах і гетероструктурах” (№ держреєстрації 0112U002330) і в рамках держбюджетних тем: “Кінетика нерівноважних процесів у низькорозмірних конденсованих системах і сплавах” (№ держреєстрації 0110U000190); “Структурні та фазові перетворення в гетеро-, нано- та мікродисперсних системах” (№ держреєстрації 0113U003172).

Дисертація складається з вступу, чотирьох (один оглядовий і три оригінальні) розділів, висновків та списку, що налічує 160 використаних джерел.

**Обґрунтованість та достовірність** отриманих результатів підтверджується використанням добре апробованого - методу гідродинамічного наближення Ліфшиця–Сльозова та узгодженням отриманих результатів з відомими літературними даними, а також співпаданням теоретичних розподілів за розмірами з експериментальними гістограмами.

## Основні результати та їх наукова повизна.

Серед основних результатів слід виділити наступні:

1. Запропоновано теоретичний підхід для описання об'ємних 3-D-систем, який дозволяє розглядати ріст нанокластерів під час оствальдівського дозрівання за умови одночасної дії кінетичного та дислокаційного механізмів масопереносу.
2. У рамках запропонованого теоретичного підходу розраховано швидкості росту частинок, часові залежності для середнього та максимального розмірів, а також функції розподілу за розмірами. При цьому розглянуто два випадки, коли число дислокаційних ліній, що закріплюються на поверхні частинок є постійним та змінюється обернено пропорційно до їх розмірів.
3. Встановлені особливості оствальдівського дозрівання нанокристалів в рідкому середовищі, синтезованих методами колоїдної хімії. На прикладі нанокристалів  $ZnO$  і  $SnS$  показано, що їх ріст може відбуватися в умовах модифікованої теорії Ліфшица-Сльозова-Вагнера, першопочатково розробленої для 3D-твердотільних систем.
4. Використовуючи модифіковану для поверхні теорію Ліфшица-Сльозова-Вагнера виконано аналіз росту квантових точок  $PbSe$ , на буферному шарі  $PbTe(111)$  на стадії оствальдівського дозрівання. Встановлено, що розподіл за розмірами квантових точок  $PbSe$  добре апроксимується узагальненим розподілом Чакраверті-Вагнера.
5. Розраховано функцію розподілу за розмірами наноточок в штучних трьохмірних квантових точкових кристалах  $(Si)Ge/Si, In(Ga)As/GaAs$ , отриманих з використанням шаблонів з досконалою періодичністю. При цьому наноточки моделювалися конусоподібними частинками, для яких було отримано формулу Томсона.

Всі вказані результати є новими на момент опублікування.

### Важливість результатів роботи для наукових досліджень.

Отримані результати є важливими для розуміння процесу росту нанодисперсних фаз в об'ємних 3-D та поверхневих 2-D-системах і можуть бути використані при аналізі оствальдівського дозрівання ансамблю полідисперсних наночастинок, отриманих за різними технологіями і в різних середовищах.

Враховуючи ту високу ступінь співпадання отриманих теоретичних результатів з результатами експериментальних досліджень (надзвичайно позитивна сторона роботи!), здавалося б, робота не містить якихось недоліків. Проте, зрозуміло, це не так. Вони, зокрема, можуть появитися як наслідок вибраного феноменологічного підходу. Не ставлячи під сумнів - в цілому — корисність такого підходу, слід пам'ятати про його певну обмеженість через певною мірою довільний вибір параметрів.

Приведу деякі зауваження по роботі.

1. Вважаю, що роботу без будь-яких втрат щодо суті її можна було б подати стисліше. Так, огляд літератури (Розділ 1) повинен би бути не стільки переліком робіт по спорідненій тематичі, з приведеними технічними деталями, скільки, зокрема, проведенням критичного аналізу використаних підходів та результатів цитованих робіт. Приклад. В цитованих роботах (як, до речі, у кожному розділі оригінальних досліджень) використовується нетривіальне представлення просторово-часового розподілу у вигляді  $f(r, t) = \rho h_r(\rho) g_r(t)$ . Тут здався б хоч би коментар коли воно можливе.

В даному розділі, як і в інших розділах, мають місце повтори (див., напр., ст.14 і 15; формули (1.27), (1.28) і відповідно (1.7), (1.15) тощо).

2. Отримана в Розд.2 часова залежність радіуса (розміру)  $R$  за присутності двох механізмів її росту — дифузійного і вагнерівського — (2.20), здавалося б, не потребує альтернативного запису у вигляді (2.24). Дійсно, величина параметра  $x$  в (2.20) автоматично визначає пріоритет того чи іншого механізму.

3. Не зовсім зрозуміла причина появи величин  $r_i, r_d$  (включаючи критичні їх значення  $r_k$ ) у випадку росту частинки за двома одночасними механізмами росту. Як розуміти зміну об'єму частинки  $\frac{4}{3}\pi r_{k\Sigma}^3 = \frac{4}{3}\pi r_{ki}^3 + \frac{4}{3}\pi r_{kd}^3$  у формулі (2.51)? Насправді, в даному випадку повинно бути якесь  $r_{k\Sigma}$ , в якому це так просто виявити  $r_{ki}$  і  $r_{kd}$ .

4. На ст.103 приведений розклад  $C_v = C \exp\left[\frac{2\sigma v_m}{rkT}\right] \approx C \left[1 + \frac{2\sigma v_m}{rkT}\right]$ , що оправдане за умови  $2\sigma v_m \ll rkT$ . Наскільки така умова реалізується для наночастинок (тобто для малих  $r$ ).

5. Вибір  $Z \sim \frac{1}{r}$  на ст.82 продиктований якісними міркуваннями чи має якість глибше обґрунтування?

Проте приведені зауваження не впливають на загальне позитивне оцінки від дисертації. А тому, підсумовуючи, можу твердити, що дисертаційна робота поглиблює наше розуміння процесів в системі кластерів у матрицях. Застосування добре апробованих методів теоретичного дослідження, отримані при цьому результати, що добре співпадають з даними експериментальних досліджень, їх публікації у фахових виданнях та виступах на наукових конференціях свідчать про високу якість та достовірність роботи. Робота написана на високому науковому рівні, логічна за змістом. Автореферат повністю відтворює зміст дисертації. Таким чином, за актуальністю тематики, рівнем досліджень, отриманими результатами і висновками, які з них вищивають, дисертаційна робота повністю задовольняє вимогам МОН України, до такого типу робіт, а її автор, Ігор Ігорович Панько, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент

д. ф.-м. н. професор Національного університету "Львівська політехніка"

Лукіянець Б.А.

Підпис проф. Лукіянца Б.А. (свідок)

Вчений секретар



Брилинський Р.Б.