

ВІДГУК

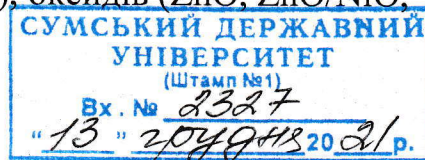
офіційного опонента на дисертаційну роботу

Корнющенко Ганни Сергіївни «Структурування і фізичні властивості близько-рівноважних металевих, оксидних та багатокомпонентних конденсатів з нанорозмірними елементами», поданої на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла

Актуальність теми дисертації. Створення та дослідження конденсатів з нанорозмірними елементами є актуальною проблемою сучасного фізичного матеріалознавства.

Різні за морфологією, елементним складом та внутрішньою структурою конденсати з нанорозмірними елементами мають широкий спектр застосування. Рівноважні в структурному відношенні наносистеми можуть бути сформовані на основі переходу речовини в сконденсований стан за умов, наближених до термодинамічної рівноваги.

Розвиток фізичних уявлень і технологічні основи щодо формування різних за структурно-морфологічними характеристиками металевих, оксидних та багатокомпонентних систем за умови використання наднизьких відносних пересичень осаджуваної пари і систем плазма-конденсат або хімічно активне середовище-конденсат. При цьому просторово-розподілена та фазова селективності нарощування конденсатів у вигляді наносистем із різноманітною морфологією можливі за умови використання близько-рівноважного переходу речовини в сконденсований стан. Створення умов стаціонарності та відтворюваності результатів близько-рівноважної конденсації є ключовим у вирішенні низки проблем матеріалознавства та фізики твердого тіла. У зв'язку з цим набуває актуальності визначення механізмів і закономірностей фазо- та структуроутворення, та їх впливу на фізичні властивості конденсатів, отриманих за умов, близьких до рівноваги, на основі наноструктур металів (Zn, Ni, Cr, Al та Cu), оксидів (ZnO, ZnO/NiO,



ZnO/CuO) і багатокомпонентних систем із залученням металів (W, Ta, Hf, Ti, Mo, Cr, Al, Zr, Co і Ni) та вуглецю.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами і темами.

Робота виконана на кафедрі наноелектроніки та модифікації поверхні Сумського державного університету за підтримки Державного фонду фундаментальних досліджень у рамках гранту Президента України для молодих учених «Формування пористих наносистем ZnO і NiO для застосування в сенсорній електроніці», номер державної реєстрації 0114U007089, термін виконання 2014 р. (під керівництвом здобувачки), спільного українсько-німецького проекту «Формування мікро- та наносистем металів з вузьким розподілом розмірів та форми структурних елементів», № 0113U004331, 2013 р. (за участі здобувачки як виконавця); за підтримки Міністерства освіти і науки України у рамках спільного українсько-словацького проекту «Технології отримання сучасних напівпровідникових плівок SiC, AlN для застосування в мікроелектроніці та оптоелектроніці», № 0111U010547, 2011 р. (за участі здобувачки як виконавця); в рамках держбюджетних тем «Механізми формування універсальних сенсорів на основі анізотропних переходів ZnO/Cu₂O (CuO) у вигляді наносистем типу нейронні мережі», № 0116U002620, 2017-2019 рр. (за участі здобувачки як виконавця), «Закономірності структуроутворення покриттів високоентропійних багатоелементних систем на внутрішніх поверхнях труб малих діаметрів», № 0118U003573, 2018-2020 рр. (за участі здобувачки як виконавця), «Закономірності формування нанопористих ZnO, C, C/ZnO і ZnO/NiO для потенційного застосування у якості електродів літій-іонних акумуляторів», № 00119U100763, 2019-2021 рр. (за участі здобувачки як керівника); за підтримки фонду Фулбрайта в Україні в рамках індивідуального наукового гранту на проведення наукових досліджень у США з 1 вересня 2014 р. до 30 травня 2015 р. (Університет Толедо, м. Толедо, штат Огайо, Сполучені Штати Америки); за підтримки фонду Олександра фон Гумбольдта в рамках індивідуального наукового гранту на

проведення наукових досліджень у Німеччині з 1 липня 2017 р. до 31 грудня 2018 р. (Інститут фізики матеріалів, Вестфалівський університет, м. Мюнстер, Німеччина).

3. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Достовірність і обґрунтованість отриманих автором експериментальних даних підтверджується комплексом використаних сучасних апробованих методів: дослідження структурно-морфологічних характеристик, кристалічної структури, фазово-елементного складу здійснювалися методами растрової електронної мікроскопії (прилади Inspect S50-B, PEM-102 E, FEI NanoSEM 230), просвітлювальної електронної мікроскопії (прилади ПЕМ-125 К та TEM Titan Themis G3 300 FEI), атомно-силової мікроскопії (прилад Systems XE-100 PARK), рентгено-фазового аналізу (прилади ДРОН 4 та 2xD5000 X-ray diffractometer Siemens), електронографії (прилади ПЕМ-125 К та TEM Titan Themis G3 300 FEI), енергодисперсійного рентгенівського аналізу (прилад AZtecOne X-MaxN20 Oxford Instruments). Магнітні властивості наноструктур нікелю визначалися за допомогою системи вимірювання фізичних властивостей (прилад PPMS Evercool II Quantum Design). Фотолюмінцентні властивості наноструктур оксиду цинку досліджувалися з використанням спектрометра (прилад Spectrometer Fluorolog III HORIBA). Властивості газового сенсора були протестовані за допомогою вимірювання опору шару оксиду металу між електродами, використовуючи високошвидкісний мультиметр (прилад Keithly Model: 22-816). Сенсорні вимірювання проводили використовуючи комерційне програмне забезпечення (LabView). Також для отримання конденсатів у роботі використовувалися розроблені накопичувальні системи плазма-конденсат та хімічне осадження із газової фази.

4. Наукова новизна. В дисертаційній роботі, на мій погляд, отримані такі нові результати:

- за допомогою застосування системи повної самоорганізації наднизьких пересичень отримані та відтворені за структурно-морфологічними характеристиками ГЩУ конденсати Zn у вигляді тривимірних систем, що складаються із слабо зв'язаних між собою нанониток;

- реалізована самоорганізація моношару округлих ГЦК нанокристалів Cu з малим розкидом за розмірами шляхом застосування методу хімічного осадження з газової фази. Визначальний вплив на процес структуроутворення наносистем відіграють умови близькості до термодинамічної рівноваги, які визначаються наднизькими значеннями відносного пересичення осаджуваної пари. Природа фізичного чи хімічного активного середовища, що діє на ростову поверхню знижує енергію десорбції адатомів до ефективного значення, істотно не впливає на процес структуроутворення наносистем;

- запропонована напівемпірична математична модель, що дозволила встановити зміни відносного пересичення осаджуваної пари залежно від розмірів зон дифузійного захоплення адатомів навколо нанокристалів Cu;

- поєднавши конденсацію іонно-розпиленої речовини за умов, наближених до рівноваги, з використанням наномембран анодно окисненого алюмінію як шаблону для осадження, був розроблений універсальний технологічний підхід формування упорядкованих наносистем металів (на прикладі Zn та Ni) на поверхні підкладок, що мають як електропровідні, так і діелектричні властивості;

- на основі змін характеру вольт-амперних характеристик в фрактально-перколяційних наносистемах ZnO, ZnO/CuO і ZnO/NiO розроблені універсальні сенсори, що мають підвищену селективність розпізнавання різних газових реагентів та оптичного опромінення;

- на основі поєднання магнетронного ефекту з ефектом порожнистого катода розроблені нові за принципом роботи іонні розпилювачі, що дозволяють отримувати багатокomпонентні конденсати на внутрішній

поверхні труб малих діаметрів (~ 40 мм) або на плоских підкладках за умов, близьких до рівноваги.

5. Повнота викладу наукових положень дисертаційної роботи.

Результати роботи доповідалися та обговорювалися на міжнародних наукових конференціях і опубліковані у 53 наукових роботах. Серед яких: 25 статей, зокрема 15 статей опубліковано у фахових виданнях України та 10 статей у спеціалізованих закордонних журналах. Із 25 статей 11 індексуються одночасно наукометричними базами даних Scopus та Web of Science Core Collection, та 14 статей індексуються лише наукометричною базою даних Scopus. Отримано 3 патенти України на винахід та один патент України на корисну модель. Опубліковано 11 статей у матеріалах конференцій, що індексуються наукометричною базою даних Scopus та 11 тез доповідей на наукових конференціях. Результати роботи також наведені в одній монографії та одному розділі у закордонній монографії.

6. Практичне значення отриманих результатів.

У роботі набули подальшого розвитку фізичні уявлення і технологічні основи щодо формування різних за структурно-морфологічними характеристиками металевих, оксидних та багатокомпонентних систем за умови використання наднизьких відносних пересичень осаджуваної пари і систем плазма-конденсат або хімічно активне середовище-конденсат. Технологічних аспектів отримання пористих наносистем металів та їх оксидів, що може бути використана для розробки каталізаторів, фільтрів, комірок паливних елементів, сенсорів, електродів акумуляторів тощо.

Також до перспективи практичного застосування слід віднести розроблений і запатентований універсальний підхід формування за допомогою шаблонів АОА впорядкованих наносистем, які можуть бути застосовані як сенсори та каталізатори. До важливих із практичної точки зору результатів роботи необхідно також віднести запатентовану розробку функціональних елементів універсальних сенсорів на основі фрактально-перколяційних наносистем ZnO, ZnO/CuO і ZnO/NiO, що мають підвищену

селективність до розпізнавання різних газових реагентів та оптичного опромінення.

7. Зауваження щодо дисертаційної роботи

Вступ.

Зауваження відсутні.

Розділ 1.

1) В розділі не достатньо обґрунтовані можливості застосування багатокomпонентних покриттів в захисних оболонках ТВЕЛів. Не проаналізовані публікації інших авторів, зокрема В.А. Білоуса зі співробітниками з ННЦ «ХФТІ», що стосуються даної тематики.

Розділ 2.

2) Розділ переобтяжений деталями проведення експериментів стосовно отримання багатокomпонентних наносистем. Частина цього розділу, пов'язаного з елементним складом розпалюваних мішеней, доцільно було б подати в розділі 6.

3) Яким чином в іонному розпилувачі стрижнів розраховується та формується набір шайб для формування конденсату із заданими характеристиками?

Розділ 3.

4) В розділі 3 представлені дослідження етапів енуклеації конденсатів різних металів на різних підкладках. Для більш коректного дослідження особливостей нуклеації близько-рівноважних конденсатів бажано було б виконати дослідження закономірностей зародження конденсатів різних металів на одному типі підкладок і, навпаки, одного із металів на різних типах підкладок.

Розділ 4.

5) Не до кінця зрозумілий механізм впливу температур трьох зон на величину відносного пересичення осаджуваної пари Cu .

Розділ 5.

6) На рис. 5.12 представлені ВАХ з використанням виразу для протікання струму за наявності одного RC-ланцюга і тільки при збільшенні напруги. Водночас в роботі досліджуються циклічні ВАХ. Для повної відповідності експериментальних ВАХ теоретичним бажано в виразі 5.3 використати декілька RC-ланцюгів при циклічній зміні напруги.

Розділ 6.

7) Поведені теоретичні розрахунки елементного складу конденсатів на основі виразу 6.4 не співпадають з експериментальними значеннями елементних складів. Разом з тим в роботі не наведені досить розгорнуто причини таких відмінностей.

8) В розділі, де визначаються властивості багатокомпонентних покриттів, не зазначені характеристики адгезійної міцності до основи досліджених у роботі конденсатів.

Однак, наведені недоліки і зауваження не знижують цінності одержаних в дисертаційній роботі результатів і не ставлять під сумнів достовірність та обґрунтованість основних положень, що виносяться на захист і не впливають визначальним чином на загальну позитивну оцінку роботи.

8. Загальні висновки по роботі.

В цілому, вважаю що дисертаційна робота Г.С. Корнющенко являє собою цілеспрямоване і завершене експериментальне і теоретичне дослідження, виконане на високому науковому рівні та представляє інтерес у фундаментальному і прикладному сенсах. В дисертаційній роботі набули подальшого розвитку фізичні уявлення стосовно механізмів і закономірностей фазо- та структуроутворення, та їх впливу на фізичні властивості конденсатів, отриманих за умов, близьких до рівноваги, на основі наноструктур металів (Zn, Ni, Cr, Al та Cu), оксидів (ZnO, ZnO/NiO,

ZnO/CuO) і багатокomпонентних систем із залученням металів (W, Ta, Hf, Ti, Mo, Cr, Al, Zr, Co і Ni) та вуглецю.

Отримано результати, які сприяють поліпшенню властивостей металевих, оксидних та багатокomпонентних систем за умови використання наднизьких відносних пересичень осаджуваної пари і систем плазма-конденсат або хімічно активне середовище-конденсат.

Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації, у якому викладені мета і задачі дослідження, наукова новизна отриманих результатів, методики досліджень, основні результати та висновки. Автореферат оформлений відповідним чином.

Висновок. Дисертаційна робота Корнющенко Ганни Сергіївни «Структурування і фізичні властивості близько-рівноважних металевих, оксидних та багатокomпонентних конденсатів з нанорозмірними елементами», за актуальністю, ступенем обґрунтованості наукових положень, теоретичною та практичною цінністю, обсягом і рівнем одержаних результатів, повнотою їх викладення в опублікованих наукових працях і за наведеними висновками повністю відповідає вимогам Департаменту атестації кадрів Міністерства освіти і науки України щодо докторських дисертацій, а її автор Корнющенко Ганна Сергіївна заслуговує присудження наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент,

доктор технічних наук,

професор кафедри матеріалів реакторобудування

та фізичних технологій Харківського національного

університету імені В. Н. Каразіна

В.М. Береснев

