

**Рішення**  
**Разової спеціалізованої вченої ради про присудження**  
**ступеня доктора філософії**

Разова спеціалізована вчена рада Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова Національної академії наук України (ІМФ ім. Г.В. Курдюмова НАН України) прийняла рішення про присудження **Заїці Володимиру Володимировичу** наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали на підставі прилюдного захисту дисертації «**Синтез та фізичні властивості модифікованих тонких плівок та композитів на основі ZnO та кальцієвого апатиту**».

**30 жовтня 2024 року.**

**Заїка Володимир Володимирович**, 1997 року народження, громадянин України.

Освіта вища: у 2020 році завершив навчання в Національному авіаційному університеті України за спеціальністю “Прикладна фізика та наноматеріали” та отримав диплом магістра.

Впродовж 2020-2024 рр. навчався за освітньо-науковою програмою підготовки здобувачів третього рівня вищої освіти за спеціальністю “Прикладна фізика та наноматеріали” в Інституті металофізики ім. Г.В. Курдюмова Національної академії наук України, де виконував дисертаційну роботу. Під час навчання неодноразово брав участь у конференціях та школах різного рівня за напрямками прикладної фізики та наноматеріалів.

**Науковий керівник – Карбівський Володимир Леонідович**, доктор фізико-математичних наук, професор.

Здобувач має 12 наукових публікацій за темою дисертації, з яких 5 статей, опублікованих у наукових фахових виданнях України та світу (серед них 4 статті у журналі, що індексується в наукометричній базі даних Scopus), а також 7 тез доповідей на наукових конференціях різного рівня.

**Список публікацій додається:**

- Публікації в наукових журналах

1. V. Karbivskyy, N. Kurgan, M. Huntush, A. Romansky, L. Karbivska, **V. Zaika**, Spectral and quantum mechanical investigation of calcium apatites isomorphically substituted in the anionic sublattice, *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, **264**: 147316 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.elspec.2023.147316>
2. **V.V. Zaika**, V.L. Karbivskii, E.V. Sachuk, L.I. Karbivska, N.A. Zueva, V.H. Kasiyanenko, A.I. Sobolev, S.I. Shulyma, N.K. Shvachko, V.O. Zazhigalov,

Influence of ultrasonic and mechanochemical treatment on the electronics structure of functional composite  $\text{TiO}_2$  and  $\text{ZrO}_2$ , *Functional Material.*, **30**, No. 1: p. 55-59. (2023). <https://doi.org/10.15407/fm30.01.55>

3. **V.V. Zaika**, N.K. Shvachko, Морфологічні, оптичні властивості та електронна будова тонких плівок  $\text{ZnO}$  допованих алюмінієм, *Сенсорна електроніка і мікросистемні технології.*, **21**, No. 1: p. 11-20. (2024). <https://doi.org/10.18524/1815-7459.2024.1.300942>

4. **V.V. Zaika**, N.K. Shvachko, V.H. Kasiyanenko, V.L. Karbivskyuy, V.O. Moskaliuk, I.V. Sukhenko, A.P. Soroka, The influence of aluminium on the morphological, optical properties and electronic structure of  $\text{ZnO}$  thin films, *Functional materials.*, **31**, No. 2: p. 185-198. (2024). <https://doi.org/10.15407/fm31.02.185>

5. **V.V. Zaika**, N.K. Shvachko, V.L. Karbivskyuy, V.H. Kasiyanenko, I.V. Sukhenko, and A.P. Soroka. Nanostructured  $\text{ZnO}$  thin films obtained by radio frequency magnetron sputtering, *Nanosistemi, nanomateriali, nanotehnologiyi.*, **22**, No. 2: p. 229-238. (2024). <https://doi.org/10.15407/nnn.22.02.229>

- *Тези доповідей на конференціях*

1. **Zaika V.V.**, Sachuk O.V., Karbivskii V.L. Effect of alternative treatments methods on the electronic structure of  $\text{ZrO}_2\text{-TiO}_2$ . International research and practice conference «Nanotechnology and nanomaterials» (NANO 2022), c. 71.

2. **Zaika V.V.**, Shvachko N.K., Karbivskyuy V.L. Electronic structure of zinc oxide thin films doped with nitrogen and fluorine. International research and practice conference «Nanotechnology and nanomaterials» (NANO 2023). c. 488-489.

3. **Zaika B.B.**, Швачко Н.К., Карбівський В.Л. Радіочастотне нанесення наноструктурованих тонких плівок цинк оксиду. Конференція молодих вчених «Сучасне матеріалознавство. Матеріали та технології» (СММТ-2023). c. 36.

4. **V.V. Zaika**, N.K. Shvachko, I.V. Sukhenko, V.L. Karbivskyuy, Aluminium doped  $\text{ZnO}$  thin films. IV International Conference «Condensed matter & low temperature physics 2024» c.143.

5. **V.V. Zaika**, N.K. Shvachko, V.L. Karbivskyuy, I.V. Sukhenko, Electronic structure of nanostructured  $\text{ZnO}$  thin films doped with aluminum. Ukraine conference with international participation «Chemistry, physics and technology of surface 2024». c. 175.

6. **B.B. Zaika**, Н.К. Швачко, В.Л. Карбівський, І.В. Сухенко, В.О. Москалюк, Морфологічні та оптичні властивості тонких плівок  $\text{ZnO}$  допованих алюмінієм. Конференція молодих вчених «Лашкарьовські читання — 2024». c. 53

7. **Zaika V.V.**, Shvachko N.K., Karbivskyuy V.L., Sukhenko I.V., Morphological features of gallium-doped nanostructured  $\text{ZnO}$  thin films. International research and practice conference «Nanotechnologies and Nanomaterials» (NANO-2024). c. 438.

**У науковій дискусії взяли участь голова та члени спеціалізованої вченої ради:**

**Шиванюк Владислав Миколайович**, доктор фізико-математичних наук (01.04.13 – фізика металів), старший дослідник, завідувач лабораторії фізики конструкційних матеріалів ІМФ ім. Г.В. Курдюмова НАН України



(голова разової спеціалізованої вченої ради). Оцінка позитивна без зауважень.

**Рудь Олександр Дмитрович** – доктор фізико-математичних наук (01.04.07 – фізика твердого тіла), професор, завідувач відділу фізики дисперсних систем ІМФ ім. Г.В. Курдюмова НАН України (рецензент). До роботи рецензентом були висунуті наступні зауваження та побажання:

1. У розділі 3.1 - Тонкі плівки ZnO, зокрема на Рис. 3.1 - Дифрактограма плівки ZnO, наведено дифракційні дослідження плівок ZnO. Враховуючи складність таких вимірювань для плівок, не можу не зробити зауваження щодо наведених результатів: необхідно вказувати умови проведення експериментів - марку приладу (дифрактометра), довжину хвилі рентгенівського випромінювання, товщину плівки, геометрію дифрактометрії: Брега-Брентано чи ковзаючий пучок. Чому не проведено індексацію дифракційних ліній?
2. Теж саме можна віднести і до розділу 4.1. Композитні тонкі плівки на основі ZnO та гідроксиапатиту (Рис. 4.2. Дифрактограма композитної плівки  $Zn_{37.7}O_{53.4}P_{4.3}Ca_{4.6}$ ). З чим пов'язане дифузійне гало в околі? 25 град.? Потрібно зазначити, що наведену дифрактограму можна використовувати тільки для загального уявлення про структуру композитів, але некоректно розраховувати з неї мікроструктурні параметри (розмір кристалітів).
3. У роботі є недоліки в оформленні рисунків: використовується різний стиль підписів англійською та українською мовами, на деяких рисунках підписи мають різний розмір шрифтів. Це впливає на загальну естетику роботи, проте не впливає на сприйняття даних.
4. Відсутні деякі параметри для опису процесу радіочастотного магнетронного осадження: температура підкладки, склад робочого газу та кут осадження.

Всі недоліки, зазначені вище, жодною мірою не применшують загальної високої оцінки роботи та мають характер рекомендацій для подальших досліджень.

**Дякін Максим Володимирович**, кандидат фізико-математичних наук (01.04. 22 – надпровідність) (рецензент). До роботи рецензентом були висунуті наступні зауваження та побажання:

1. У роботі не наведено обґрунтування вибору типу та концентрацій легуючих домішок. Здобувач не навів пояснення, чому вибрав у якості легуючих домішок саме галій та алюміній. Крім того, концентрації допанта відрізнялась для різних досліджуваних зразків, а у таблиці 3.4 взагалі не наведено кількісний вміст алюмінію.
2. У роботі дисертант досліджував такі композитні матеріали: на основі ZnO та гідроксиапатиту, тонкі плівки на основі ZnO з вісмутом,

композити на основі  $\text{TiO}_2/\text{ZrO}_2$ . Проте не було наведено ґрунтового пояснено вибору для дослідження саме таких композитних матеріалів.

3. Крім того, у роботі не завжди наведені похибки вимірювань. Наприклад, в таблиці 4.2, таблиці 4.3, та на вставці до рис. 4.11 відсутні похибки вимірювань. Здобувач не навів значення похибок вимірювання при обчисленні ширини забороненої зони методом Таука (с.134).
4. У тексті зустрічаються певні стилістичні та пунктуаційні помилки, а деякі рисунки містять різний стиль оформлення: текст англійською мовою (рис.4.1(б), рис. 3.43(б), рис. 3.40), різний розмір шрифтів (рис. 3.43), замалі розміри (рис. 3.4) та низька якість рисунка (рис. 3.27).

На всі зауваження та побажання здобувачем було надано ґрунтовні відповіді, які були схвалені рецензентом. Зауваження не вплинули на оцінку роботи. Враховуючи актуальність та новизну роботи, високий рівень наукових публікацій здобувача та володіння ним відповідними знаннями, загальна оцінка роботи є позитивною.

**Хижун Олег Юліанович** – доктор фізико-математичних наук (01.04.07 – фізика твердого тіла), старший дослідник, завідувач відділу спектроскопії поверхні новітніх матеріалів Інституту проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України (опонент). До роботи офіційним опонентом були висунуті наступні зауваження та побажання:

1. У дисертаційній роботі представлено результати лише двох рентгеноструктурних досліджень, на одному з яких продемонстровано текстурованість отриманих плівок, проте не встановлено, як змінюється текстурованість досліджуваного зразка в залежності від кількості допованого елементу.
2. У четвертому розділі дисертації описано процес синтезу композитів  $\text{TiO}_2/\text{ZrO}_2$ . На мою думку, було б доцільно перенести цю інформацію до другого розділу.
3. На рис. 3.19 наведені результати досліджень РФС-спектрів внутрішніх  $\text{Zn } 2p$  і  $\text{O } 1s$ -електронів для вихідних і допованих алюмінієм плівок  $\text{ZnO}$ , але немає жодних даних стосовно РФС-спектрів внутрішніх  $\text{Al } 2p(2s)$ -електронів. Це зумовлено малим процентним вмістом алюмінію у досліджуваних зразках?
4. На стор. 88, автор стверджує, що «Однак, з зображень валентної зони легко помітити зменшення інтенсивності у спектрі з 2.0 до 5.0 eV, яке частково пояснюється зменшенням кількості кисню після допування алюмінієм.» У дисертаційній роботі варто було б навести інформацію про методику нормування РФС-спектрів валентної зони, щоб робити висновок стосовно зміни їх інтенсивностей.
5. На мій погляд, деякі результати, що ґрунтуються на РФС-даних, варто було б верифікувати результатами рентгеноструктурного аналізу. Зокрема на стор. 129, стверджується, що з «РФС аналізу було встановлено, що для зразку BZO( ваг. 20% Bi) весь вісмут знаходиться у



фазі  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  або дуже близькому до цього субоксиду.» Наявність такої фази і її процентний вміст, судячи з 20 ваг. %  $\text{Bi}$ , можна легко виявити за допомогою рентгеноструктурного аналізу.

6. Хоча робота є переважно експериментальною, для деяких даних відсутня точність вимірювань різних параметрів (наприклад, таблиця 3.6 (стор. 110), таблиця 4.2 (с.122)).
7. У тексті дисертації зустрічаються орфографічні та стилістичні помилки, а також невдалі вирази. Наприклад, «Модифікація тонких плівок  $\text{ZnO}$  за рахунок допування різними хімічними елементами дозволяє модифікувати їх електронну будову...» (стор. 30), «Середній пік відноситься до іонів  $\text{O}^{2-}$  в регіонах з дефіцитом кисню в матриці  $\text{ZnO}$  [35],» (стор. 31), «Електронна пушка» (стор. 49), тощо.

Проте, ці зауваження ніяк не впливають на загальну високу оцінку наукового рівня дисертації.

**Семенко Михайло Петрович**, доктор фізико-математичних наук (01.04.13 – фізика металів), професор кафедри фізики металів фізичного факультету Київського національного університету ім. Тараса Шевченка (опонент). До роботи офіційним опонентом були висунуті наступні зауваження та побажання:

1. Плівки  $\text{ZnO}$  були осаджені на підкладку  $\text{SiO}_2$ . Проте, досить добре відомо, що на структуру плівок та їх властивостей сильно впливає тип та структурний стан основи. Тому бажано було б провести подібні дослідження для плівок осаджених на різні типи підкладок (різні за складом, монокристалічні, полікристалічні).
2. Як на мене, методично не правильно для плівок товщиною від 200 нм і більше (досить часто 500 нм = 0.5 мкм) застосовувати термін «тонкі плівки».
3. У роботі варто було б провести більш повне дослідження електрофізичних властивостей таких як, наприклад, електроопір. Дані про питомий опір та його температурну залежність наведено лише для плівок  $\text{ZnO}$ , допованих алюмінієм (рис. 3.23 без одиниць вимірювання  $\rho$ ). Проте отримані залежності не аналізуються, а подібні дослідження відсутні як для чистих плівок  $\text{ZnO}$ , так і модифікованих плівок.
4. Розрахунки електронної структури, проведені в роботі, було б бажано порівняти з подібними розрахунками  $\text{ZnO}$ , які зустрічаються в літературі (принаймні з тими, на які посилається автор в літературному огляді), а вже потім проводити їх порівняльний кількісний аналіз з експериментальними даними.
5. У розділі 3.5 характеризуються міжатомні відстані в модельних кристалах. По-перше, на зображеннях цих кристалів (рис 3.44) відсутні схематичні позначення атомів, а симетрія густини заряду навколо  $\text{O}^{2-}$  показана досить слабо (не очевидна на рисунках). По-друге, в цьому розділі було б бажано згадати, яким чином отримувались ці модельні структури.

6. Назва роботи містить термін «кальцієвий апатит», проте в роботі подібний тип сполуки називається «гідроксид-апатит» (ГАП) розділ 4.1), що є дещо іншим типом сполуки.
7. Слід було б звернути більшу увагу на оформлення дисертаційної роботи. Це стосується підписів англійською мовою на деяких рисунках і навіть русизмів (рис 2.1, «пушка», а потрібно гармата). Але особливу увагу слід було б звернути на форматування дисертації, оскільки в багатьох випадках на сторінках, де розміщені рисунки та текст, наявні досить значні «пусті» місця в кінці сторінки з логічним продовженням тексту на наступній сторінці. Якщо провести правильне форматування, то відповідно зміниться і об'єм дисертаційної роботи.

На всі зауваження та побажання здобувачем було надано ґрунтовні відповіді, які були схвалені опонентом. Зауваження не вплинули на оцінку роботи. Враховуючи актуальність та новизну роботи, високий рівень наукових публікацій здобувача та володіння ним відповідними знаннями, загальна оцінка роботи є позитивною.

#### **Результати відкритого голосування:**

“За” – 5 (п'ять);

“Проти” – немає;

“Утримались” – немає.

#### **РАЗОВА СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВЧЕНА РАДА ІНСТИТУТУ МЕТАЛОФІЗИКИ ІМ. Г.В. КУРДЮМОВА НАН УКРАЇНИ УХВАЛИЛА:**

1. Дисертація Заїки Володимира Володимировича на тему «Синтез та фізичні властивості модифікованих тонких плівок та композитів на основі ZnO та кальцієвого апатиту», що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали, є завершеним самостійним науковим дослідженням і відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 зі змінами, внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України № 341 від 21 березня 2022 р.

2. Присудити Заїці Володимирі Володимировичу ступінь доктора філософії в галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали.



3. Рішення разової спеціалізованої вченої ради затвердити і передати до відділу науково-організаційного забезпечення наукових досліджень Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України.

4. Відділу науково-організаційного забезпечення наукових досліджень Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України підготувати наказ про видачу Заїці Володимиру Володимировичу диплома доктора філософії та додатку до нього європейського зразка.

Голова разової  
спеціалізованої вченої ради  
доктор фізико-математичних наук,  
старший дослідник



Владислав ШИВАНЮК

*Лігнис Владислава Шиванюка засвідчує:  
вчений секретар Інституту металофізики  
ім. Г.В. Курдюмова НАН України  
К.Ф. - м.к.*



Марина Савчук