

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

Здобувач ступеня доктора філософії Єрмаков Максим Сергійович, 1998 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2020 році Сумський державний університет за спеціальністю «Електроніка», працює фахівцем Центру заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання в Сумському державному університеті в підпорядкуванні Міністерства освіти і науки України, м. Суми, виконав акредитовану освітньо-наукову програму 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Разова спеціалізована вчена рада, утворена наказом Сумського державного університету, м. Суми від «04» червня 2025 року № 0570-I, у складі:

Голови разової
спеціалізованої
вченої ради –

Лариса Однодворець, доктор фізико-математичних наук, професорка, завідувачка кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики Сумського державного університету

Рецензентів:

Олександр Гончаров, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри прикладної математики та моделювання складних систем Сумського державного університету

Шабельник Юрій, кандидат фізико-математичних наук, доцент викладач кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики Сумського державного університету

Офіційних опонентів:

Володимир Юхимчук, доктор фізико-математичних наук, професор, Завідувач відділу оптики і спектроскопії інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова
Роман Зайцев, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри мікро- та наноелектроніки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

на засіданні «15» серпня 2025 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» Максиму Єрмакову на підставі публічного захисту дисертації «Оптимізація характеристик наночастинок та плівок ZnO:In , Zn_2SnO_4 , $\text{Cu}_2\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x}\text{SnS}_4$ для формування функціональних шарів електронних приладів» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Дисертацію виконано у Сумському державному університеті Міністерства освіти і науки України, міста Суми.

Науковий керівник - Анатолій Опанасюк, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри електроніки і комп'ютерної техніки Сумського державного університету.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису українською мовою, який містить нові науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, які виконують конкретне наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 10 «Природничі науки». Дисертація оформлена згідно з вимогами, встановленими Міністерством Освіти і Науки України. Максимальний та мінімальний обсяг основного тексту дисертації відповідає освітньо-науковій програмі закладу відповідно до специфіки галузі знань 10 «Природничі науки» та спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали». Вимоги пункту 6 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 року № 44 (зі змінами) дотримано.

Здобувач має 5 наукових публікацій за темою дисертації, всі вони включені до наукометричної бази Scopus і відповідають Вимогам пунктів 8, 9 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 року № 44 (зі змінами):

1. The effect of annealing on the structural, optical, and electrical characteristics of multilayer structures with ZnO/NiO heterojunctions // **Yermakov M.**, Pshenychnyi R., Opanasyuk A., Gnatenko Yu., Bukivskij P., Bukivskii A., Klymov O., Muñoz-Sanjósé V., Gamernyk R. // *Applied Surface Science Advances*. – 2025. – V.25. – P.100668. <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2024.100668> (Scopus, WoS; IF= 7.5), **Q1**.

2. Chemical composition, structural, optical and electrical characteristics of IZO films applied by the spray-pyrolysis method with molecular solutions // **Yermakov M.**, Pshenychnyi P., Opanasyuk A., Klymov O., Muñoz-Sanjósé V., Gnatenko Yu. // *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*– 2025. – V.36. – P.515. <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2024.100668> (Scopus, WoS; IF= 2,8), **Q2**.

3. Optical and electrical properties of ZnO/NiO heterojunctions obtained by the spray-pyrolysis method // **Yermakov M.**, Pshenychnyi R., Opanasyuk A., Klymov O., Muñoz-Sanjósé V. // *Journal of Materials Science*. – 2024. – V. 59. – P.15738–15751. <https://doi.org/10.1007/s10853-024-10110-y> (Scopus, WoS; IF = 3.5), **Q2**.

4. Structural features of $\text{Cu}_2\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x}\text{SnS}_4$ solid solution films for third-generation solar cells // **Yermakov M.**, Pshenychnyi R., Opanasyuk A., Gnatenko Yu., Klymov O., Martínez M.C.-Tomás Muñoz-Sanjósé V. // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2023. – V. 935 (2). – P.168117. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2022.168117> (Scopus, WoS; IF= 5.8), **Q1**.

5. Synthesis of Zn_2SnO_4 particles and the influence of annealing temperature on the structural and optical properties of Zn_2SnO_4 films deposited by spraying nanoinks // Klymov O., Yermakov M., Pshenychnyi R., Dobrozhan O., Agouram S., Martínez-Tomas M.C., Opanasyuk A., Muñoz-Sanjose V. // Applied Surface Science Advances. – 2023. – V.18. – P.100521. <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2023.100521> (Scopus, WoS; IF= 6.2), Q1.

Статті відповідають темі дисертації, обґрунтовують отримані наукові результати відповідно до мети дисертації, поставленого завдання та висновків, а також опубліковані не більше ніж одна стаття в одному випуску (номері) наукового видання. Усі статті мають активний ідентифікатор DOI (Digital Object Identifier). Крім цього, здобувач має 5 тез доповідей в матеріалах конференцій, що індексуються наукометричною бази Scopus. Використання самоплагиату не виявлено.

У дискусії взяли участь голова, рецензенти, офіційні опоненти, інші присутні та висловили зауваження:

Однодворець Лариса Валентинівна – голова спеціалізованої вченої ради, доктор фізико-математичних наук, професорка, завідувачка кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики Сумського державного університету. Дисертаційне дослідження Єрмакова Максима Сергійовича на тему «Оптимізація характеристик наночастинок та плівок $\text{ZnO}:\text{In}$, Zn_2SnO_4 , $\text{Cu}_2\text{Mg}_x\text{ZnSnS}_4$ для формування функціональних шарів електронних приладів» є самостійною, завершеною науковою працею, яка присвячена вирішенню важливої науково-практичної задачі в галузі матеріалознавства функціональних матеріалів оптоелектроніки. У дисертації обґрунтовано доцільність використання матеріалів $\text{ZnO}:\text{In}$, Zn_2SnO_4 та $\text{Cu}_2\text{Mg}_x\text{ZnSnS}_4$ які характеризуються екологічною безпечністю та природною поширеністю, для створення компонентів сонячних елементів нового покоління. Актуальність теми повністю відповідає пріоритетам науково-технічного розвитку України. Отримані результати мають перспективи практичного застосування, зокрема для розробки більш ефективних і економічно доступних фотоелектричних перетворювачів. Робота відзначається науковою обґрунтованістю та методичною реалізацією. Дисертація відповідає вимогам до наукової кваліфікації, визначеним у «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради про присудження ступеня доктора філософії», затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44. З огляду на повне виконання освітньо-наукової програми та індивідуального плану наукової підготовки, дисертант заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» в галузі знань 10 «Природничі науки».

Юхимчук Володимир Олександрович – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач відділу оптики і спектроскопії інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова. У цілому, представлена праця є завершеним науковим дослідженням, яке виконане на високому науковому рівні та поєднує експериментальні та теоретичні складові. Робота має наукову цінність і демонструє прикладне спрямування, що підтверджує її практичну значущість. З урахуванням

викладеного вважаю, що дисертаційна робота Єрмакова М.С. на тему «Оптимізація характеристик наночастинок та плівок ZnO:In , Zn_2SnO_4 , $\text{Cu}_2\text{Mg}_x\text{ZnSnS}_4$ для формування функціональних шарів електронних приладів» є самостійним, завершеним дослідженням, яке за своєю актуальністю, науковою новизною, теоретичною обґрунтованістю та прикладною цінністю відповідає вимогам, визначеним пунктами 6-9 «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 року № 44. Вважаю, що Єрмаков Максим Сергійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» в галузі знань 10 «Природничі науки».

Зайцев Роман Валентинович – опонент, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри мікро- та наноелектроніки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Відзначив, що дисертаційна робота Єрмакова М.С. на тему «Оптимізація характеристик наночастинок та плівок ZnO:In , Zn_2SnO_4 , $\text{Cu}_2\text{Mg}_x\text{ZnSnS}_4$ для формування функціональних шарів електронних приладів» є самостійним завершеним дослідженням, у якому отримано нові теоретичні та експериментальні результати. Сукупність отриманих наукових даних становить цінний внесок у розвиток матеріалознавства функціональних наноматеріалів і сприяє вдосконаленню сучасних електронних компонентів із підвищеною ефективністю, що важливо з огляду на перспективи технологічного прогресу та інноваційного розвитку країни. Дисертація відповідає всім вимогам, визначеним пунктами 6-9 «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 року №44. Вважаю, що Єрмаков Максим Сергійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» за галуззю знань 10 «Природничі науки».

Гончаров Олександр Андрійович — рецензент, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри прикладної математики та моделювання складних систем Сумського державного університету. Дисертаційна робота Єрмакова Максима Сергійовича на тему: «Оптимізація характеристик наночастинок та ZnO:In , Zn_2SnO_4 , $\text{Cu}_2\text{Mg}_x\text{ZnSnS}_4$ для формування функціональних шарів електронних приладів» є завершеним самостійним дослідженням, яке має як фундаментальне, так і практичне значення та . Вона відзначається актуальністю і важливістю поставленої наукової проблематики, а також успішною реалізацією результатів дослідження у вигляді сформульованих висновків, рекомендацій та перевірених експериментальних положень. Дисертація цілком відповідає вимогам пунктів 6-9 «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 року № 44, а її автор, Єрмаков

Максим Сергійович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Шабельник Юрій Михайлович – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики Сумського державного університету. У цілому дисертаційна робота Єрмакова Максима Сергійовича «Оптимізація характеристик наночастинок та плівок ZnO:In , Zn_2SnO_4 , $\text{Cu}_2\text{Mg}_x\text{ZnSnS}_4$ для формування функціональних шарів електронних приладів» є завершеним науковим дослідженням, яке поєднує ґрунтовну теоретичну розробку та багаторівневу експериментальну перевірку властивостей сучасних наноматеріалів. Отримані результати в повному обсязі відповідають заявленим цілям та завданням, внесені оригінальні наукові положення щодо керування структурно-фазовими і морфологічними характеристиками матеріалів. Розроблені технологічні підходи до осадження плівок мають високу відтворюваність і масштабованість для «зеленого» виробництва функціональних шарів. Дисертаційна робота виконана відповідно до пунктів 6-9 «Порядку присудження ступеня доктор 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, та повністю відповідає вимогам спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали». Вважаю, що автор заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії.

Результати відкритого голосування:

«За» 5 членів ради,

«Проти» 0 членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує Максиму Єрмакову ступінь доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова разової спеціалізованої
вченої ради



[Handwritten signature]

Лариса ОДНОДВОРЕЦЬ