

Рішення
разової спеціалізованої вченої ради PhD 13260
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувачка ступеня доктора філософії Марія Кречун 1996 року народження, громадянка України, освіта вища: закінчила у 2019 році Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича за спеціальністю «Прикладна фізика та наноматеріали», працює на посаді молодшого наукового співробітника в Інституті термоелектрики НАН України та МОН України з 2019 року виконала акредитовану освітньо-наукову програму Прикладна фізика та наноматеріали (сертифікат № 19701).

Разова спеціалізована вчена рада PhD 13260, утворена наказом Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, Міністерства освіти і науки України, м. Чернівці, від 27 квітня 2026 року № 151, у складі:

Голови разової
спеціалізованої вченої ради –

Олександра Маханця, доктора фізико-математичних наук (01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків), професора, професора кафедри термоелектрики та медичної фізики навчально-наукового інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Рецензентів –

Віталія Дейбука, доктора фізико-математичних наук (01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків), професора, професора кафедри комп'ютерних систем та мереж навчально-наукового інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Валерія Склярчука, доктора фізико-математичних наук (01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків), доцента, доцента кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій навчально-наукового інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Офіційних опонентів –

Ігоря Горічка, доктора фізико-математичних наук (01.04.07 – фізика твердого тіла), професора, професора кафедри фізики та астрономії фізико-технічного факультету Карпатського національного університету імені Василя Стефаника.

Олени Рогачової, доктора фізико-математичних наук (01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків), професора, професора кафедри фізики навчально-наукового інституту комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

на засіданні 17 червня 2026 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки Марії Кречун на підставі публічного захисту дисертації «Вплив фазової стабільності системи Fe–Ni–Cr–W на формування гальванічних антидифузійних структур у термоелектричних перетворювачах енергії на основі матеріалів Bi–Te» за спеціальністю за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

Дисертацію виконано у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича, Міністерства освіти і науки України, м. Чернівці.

Науковий керівник Орест Маник, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри термоелектрики та медичної фізики навчально-наукового інституту фізико-технічних

та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису українською мовою. Дисертація Марії Кречун на тему «Вплив фазової стабільності системи Fe–Ni–Cr–W на формування гальванічних антидифузійних структур у термоелектричних перетворювачах енергії на основі матеріалів Bi–Te», що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали, є самостійним завершеним дослідженням, має наукову новизну, практичну значущість і відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами, внесеними згідно з Наказом МОН України від 31.05.2019 р. № 579) та «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 21.03.2022 р., № 502 від 19.05.2023 р., № 507 від 03.03.2024 р.).

Здобувачка має 17 наукових публікацій за темою дисертації, з них 5 праць у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у наукометричній базі даних Scopus, 2 праці у виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України та проіндексованих у наукометричних базах даних Web of Science Core Collection та Scopus, 6 праць, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації та 4 патенти України на корисні моделі.

1. Krechun M., Manyk O. Correlation models of anti-diffusion and connecting structures in thermoelectric energy converters. *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering. Seventeenth International Conference on Correlation Optics*. 2025. Vol. 13813. P. 138133O. <https://doi.org/10.1117/12.3093673> (Scopus).

2. Manyk O. M., Krechun M. M., Razinkov V. V. Theoretical models of anti-diffusion layers of ternary Fe–Ni–W systems in thermoelectric energy converters. *Journal of Thermoelectricity*. 2025. No. 2. P. 25-35. <https://doi.org/10.63527/1607-8829-2025-2-25-35> (Scopus).

3. Razinkov V. V., Kuz R. V., Krechun M. M. Ways to increase the resistance of thermoelectric cooling modules to mechanical impacts. *Journal of Thermoelectricity*. 2024. No. 4. P. 40-49. <https://doi.org/10.63527/1607-8829-2024-4-40-49> (Scopus).

4. Anatyshuk L. I., Lysko V. V., Zaporov S. F., Krechun M. M. Methods and equipment for the preparation of samples of thermoelectric material for measuring their properties by the absolute method. *Journal of Thermoelectricity*. 2022. No. 3-4. P. 31-42. <https://doi.org/10.63527/1607-8829-2022-3-4-31-42> (Scopus).

5. Krechun M. M., Manyk O. M., Razinkov V. V. Study of Fe–W–Cr and Ni–Cr–W Systems for the Development of High-Quality Anti-Diffusion Coatings. *Journal of Thermoelectricity*. 2025. No. 4. P. 76-81. <https://doi.org/10.63527/1607-8829-2025-4-76-81> (Scopus).

6. Manyk O. M., Krechun M. M., Lysko V. V., Razinkov V. V. Theoretical models of ordered alloys of Bi–Sn–Te based thermoelectric materials. *Physics and Chemistry of Solid State*. 2025. Vol. 26, No. 2. P. 370-376. <https://doi.org/10.15330/pcss.26.2.370-376> (Web of Science, Scopus).

7. Krechun M. M. Galvanic Interconnects for Thermoelectric Cooling Modules. *Physics and Chemistry of Solid State*. 2019. Vol. 20, No. 1. P. 83-88. <https://doi.org/10.15330/pcss.20.1.88>. (Web of Science, Scopus).

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

Голова разової спеціалізованої вченої ради Олександр Маханець, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри термоелектрики та медичної фізики навчально-наукового інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Ви пропонуєте гальванічно сформовані комутаційні структури як альтернативу традиційним. Які головні переваги гальванічного осадження порівняно, наприклад, із вакуумним напыленням чи магнетронним розпыленням для цих матеріалів?

Офіційний опонент Ігор Горічок, доктор фізико-математичних, професор, професор кафедри фізики та астрономії фізико-технічного факультету Карпатського національного університету імені Василя Стефаника. Зауваження:

1. Варто було спробувати більш конкретизувати у висновках можливі діапазони концентрацій кожного з компонентів у пропонованому антидифузійному твердому розчині Fe-Ni-Cr-W, що сприяло б швидкому практичному застосуванню результатів роботи. З отриманих автором діаграм стану це видається можливим.

2. У роботі автор зазначає про складність використання у термоелектричних перетворювачах матеріалів з фазовими переходами. Проте відомим є випадок практичного застосування телуриду германію, симетрія кристалічної ґратки якого змінюється майже посередині діапазону робочих температур. Ймовірно варто б конкретизувати зміна яких параметрів при фазових переходах є критичною для практичного використання таких матеріалів.

3. Використовувану для розрахунків залежність (4.1) на ст. 92 і залежність (4.8) на ст. 93 варто було б більш детально обґрунтувати: навести графіки з демонстрацією цієї закономірності в порівнянні з експериментальними даними чи вказати літературні джерела де можна цю інформацію уточнити. Для виразу (8) варто було б також навести числові значення коефіцієнтів C_1 та C_2 .

4. Наведені ефективні радіуси атомів в незбудженому стані, варто було б порівняти з літературними значеннями радіусів атомів (нейтральних, іонних чи ковалентних). Це сприяло б підтвердженню адекватності розглянутої моделі розрахунку. Аналогічно, отримані енергії зв'язків для деяких молекул також можна було б співставити з літературними даними.

5. Встановлена в роботі і наведена у таблицях четвертого розділу зміна знаку ефективного заряду взаємодіючих гомоядерних атомів при зміні відстаней між ними ймовірно потребує додаткової інтерпретації. Як і можливий вплив такого ефекту на властивості твердого розчину.

6. Не зовсім зрозуміло, що автор мав на увазі на ст. 91 (останній абзац): «... розрахунок електронної густини між взаємодіючими атомами методами квантової механіки не завжди узгоджується з уявленнями про те, що формування хімічного зв'язку супроводжується перебудовою сферичних симетричних електронних оболонок атомів і перерозподілом електронної густини вздовж хімічних зв'язків». Варто було навести приклади такого неузгодження.

7. Є ряд непринципових з точки зору отриманих у роботі висновків, але важливих для аналізу та сприйняття матеріалу, зауважень, щодо її оформлення. Так, зокрема, автором сформовано надто розгорнуті основні висновки, які, ймовірно, можна було б скоротити і конкретизувати. Також по тексту зустрічаються формулювання, що потребують уточнень. Наприклад, на ст. 27 вказано, що наявність багатьох екстремумів призводить до збільшення ефективної маси носіїв: ймовірно, варто було вказати «до збільшення ефективної маси густини станів носіїв». У переліку умовних позначень ОЦК та ВСС (як і ГЦК та FCC), ймовірно, тотожні.

Офіційний опонент Олена Рогачова, доктор фізико-математичних, професор, професор кафедри фізики навчально-наукового інституту комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Зауваження:

1. У роботі детально розглянуто фазові рівноваги в конкретній системі Fe-Ni-Cr-W для використання в якості антидифузійного покриття в термоелектричних модулях на основі телуриду вісмуту. Виникає природне питання, чи можливі інші багатокомпонентні сплави, які можуть використовуватися з цією метою. Аналогічно виникає питання, чи можна застосовувати запропоновані покриття для інших класів термоелектричних матеріалів. Тому доцільно було б більш чітко обґрунтувати критерії вибору саме цієї системи і саме цих термоелектричних матеріалів.

2. Для підвищення практичної значущості результатів бажано було б оцінити можливість

електрохімічного осадження запропонованих складів та їх сумісність із сучасними технологіями виготовлення термоелектричних модулів.

3. Авторкою розглянуто параметри хімічного зв'язку як критерій прогнозування стабільності твердих розчинів. Було б корисно порівняти інформативність цього підходу з іншими сучасними методами оцінки фазової стабільності багатокомпонентних систем.

Деякі термінологічні та стилістичні недоліки:

1. Не дуже вдало підібрані ключові слова: їх занадто багато, тому що деякі повторюються, маючи однаковий зміст і трохи іншу назву.

2. Дуже часто в роботі, коли мова йде про термоелектричні матеріали саме на основі напівпровідникової сполуки Bi_2Te_3 , пишеться: «термоелектричні матеріали на основі Bi-Te », що вносить деяку невизначеність при визначенні матеріалу, який використовується.

3. Деякі загальні висновки сформульовані занадто детально та містять описову інформацію, тому їх можна було б зробити більш лаконічними, акцентуючи увагу на найбільш вагомих наукових результатах.

У дисертації трапляються поодинокі граматичні та орфографічні неточності, які не впливають на змістовність викладеного матеріалу.

Рецензент Віталій Дейбук, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри комп'ютерних систем та мереж навчально-наукового інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Зауваження:

1. У тексті дисертації значна увага приділяється напівемпіричним методам аналізу параметрів хімічного зв'язку (ефективних радіусів, зарядів та енергій міжатомної взаємодії) для систем Fe-Ni-Cr-W та Bi-Sn-Te . В той же час не проведено достатнього аналізу відомих першопринципних методів розрахунку цих характеристик. Було б доцільно ширше висвітлити у висновках розділів, наскільки точно узгоджуються проведені розрахункові дані з наявними експериментальними фізико-хімічними характеристиками досліджуваних гальванічних покриттів.

2. При аналізі фазової стабільності багатокомпонентних систем та прогнозуванні бар'єрних властивостей антидифузійних структур авторкою розглянуто широкий спектр чинників. Проте у роботі варто було б детальніше конкретизувати температурний діапазон, у якому прогнозована стабільність інтерфейсів «термоелектричний матеріал – бар'єрний шар» залишається термодинамічно та кінетично надійною під час довготривалої експлуатації.

3. В роботі обґрунтовано оптимізацію конструкції контактних і з'єднувальних елементів для підвищення стійкості модулів до механічних навантажень. Бажано було б навести додаткові пояснення чи графічні залежності, що ілюструють вплив товщини сформованого гальванічного шару на виникнення внутрішніх механічних напружень у комутаційній структурі.

4. У тексті дисертації та автореферату (анотації) трапляються поодинокі стилістичні неточності та друкарські помилки, які, однак, є типовими для робіт такого значного обсягу і не впливають на загальне позитивне враження від дисертації.

Рецензент Валерій Склярчук, доктор фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри поліграфічних, мультимедійних та оптичних технологій навчально-наукового інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Зауваження:

1. У дисертаційній роботі на високому теоретичному рівні розраховано й побудовано складні потрійні та четверту діаграми стану, які є надійним фундаментом для вибору складів антидифузійних покриттів. Проте, зважаючи на те, що формування антидифузійних шарів передбачається гальванічним методом, у роботі недостатньо повно висвітлено питання потенційних технологічних обмежень та термодинамічних труднощів при практичній реалізації цих процесів. Зокрема, доцільно було б ширше окреслити проблеми, пов'язані із сумісним електровідновленням компонентів із суттєво різними електродними потенціалами (наприклад, вольфраму з металами групи заліза), а також оцінити вплив можливих внутрішніх

механічних напружень у багатокомпонентних гальванічних осадах на їхню адгезію до термоелектричного матеріалу.

2. Авторкою проведено ґрунтовний та комплексний аналіз параметрів хімічного зв'язку (ефективних радіусів, ефективних зарядів атомів та енергій дисоціації) у складних багатокомпонентних системах Fe–Ni–Cr–W та Bi–Sn–Te. Водночас, для підвищення наочності та кращого сприйняття логіки дослідження, у роботі доцільно було б представити загальну структурно-логічну схему. Така схема мала б наочно відображати прямий взаємозв'язок і кореляцію між розрахованими міжатомними характеристиками та прогнозованими експлуатаційними властивостями (фазовою стабільністю, термодинамічною стійкістю та антидифузійною ефективністю) сформованих бар'єрних шарів.

3. У тексті дисертаційної роботи наявні деякі технічні помилки в оформленні окремих графічних матеріалів та поодинокі граматичні помилки, які мають суто технічний характер і не применшують наукову та практичну цінність отриманих результатів.

На дисертацію Марії Кречун надійшло п'ять звернень. Вони позитивні та підкреслюють актуальність і значущість проведеного дослідження, хоча містять окремі зауваження та рекомендації щодо перспектив подальших досліджень:

Перше звернення:

Валентин Лисько – виконувач обов'язків директора Інституту термоелектрики НАН України та МОН України, кандидат фізико-математичних наук.

У своєму зверненні Валентин Лисько зазначив, що усі твердження дисертаційного дослідження є чітко обґрунтованими, поставлені задачі повністю розв'язані. Робота є завершеним дослідженням. Серед побажань та зауважень до роботи слід зазначити, що авторкою проведено комплексне дослідження системи Fe–Ni–Cr–W та обґрунтовано її перспективність для створення антидифузійних структур. Разом з тим у роботі можна було б приділити більше уваги порівнянню запропонованих рішень із відомими антидифузійними покриттями та бар'єрними шарами, які застосовуються у сучасних термоелектричних модулях. Також у тексті трапляються поодинокі редакційні неточності. Вказані зауваження мають переважно дискусійний характер та не впливають на актуальність та практичну цінність дисертаційного дослідження.

Друге звернення:

Володимир Боledзюк – виконувач обов'язків керівника Чернівецького відділення Інституту проблем матеріалознавства імені І.М. Францевича НАН України, кандидат фізико-математичних наук.

Володимир Боledзюк відзначив, що результати дисертаційного дослідження є логічно послідовними, достатньо аргументованими та підтвердженими відповідними теоретичними розрахунками. Поставлені завдання виконано в повному обсязі, а сформульовані висновки відповідають отриманим результатам. Разом із тим до роботи можна висловити окреме зауваження. У дисертаційній роботі значну увагу приділено теоретичному аналізу фазових рівноваг та хімічного зв'язку. Водночас було б доцільно більш детально висвітлити перспективи експериментальної перевірки прогнозованих складів системи Fe–Ni–Cr–W в умовах тривалої експлуатації термоелектричних модулів. Однак зазначене зауваження має рекомендаційний характер і не впливає на загальну високу оцінку дисертаційної роботи.

Третє звернення:

Володимир Ліпка – директор-головний конструктор Акціонерного товариства «Центральне конструкторське бюро Ритм».

У зверненні Володимира Ліпки зазначено, що побудовані діаграми фазових рівноваг є основою для оптимізації складів захисних покриттів, а запропонований підхід до аналізу хімічного зв'язку може успішно застосовуватися для прогнозування фазової стабільності інших багатокомпонентних функціональних матеріалів. Усі твердження дисертаційного дослідження є чітко обґрунтованими, поставлені задачі повністю розв'язані. Робота є завершеним дослідженням. До недоліків роботи можна віднести те, що при обґрунтуванні доцільності гальванічно сформованих комутаційних структур авторкою недостатньо

висвітлено питання економічної ефективності або масштабування запропонованих технологічних режимів для умов серійного виробництва термоелектричних модулів. Зазначені зауваження не знижують наукову новизну та практичну цінність дисертаційного дослідження.

Четверте звернення:

Валерій Разінков – кандидат фізико-математичних наук, заступника директора з науково-технічної роботи Інституту термоелектрики НАН України та МОН України.

У зверненні Валерія Разінкова вказано, що практичне значення роботи підтверджується можливістю використання отриманих результатів для оптимізації складу антидифузійних шарів та підвищення довговічності термоелектричних модулів. Отримані результати розширюють сучасні уявлення про процеси формування міжфазних меж у складних металевих системах та створюють підґрунтя для подальших досліджень у галузі термоелектричного матеріалознавства. Як побажання до роботи можна відзначити доцільність подальшого розширення досліджень у напрямі оцінювання поведінки запропонованих антидифузійних структур в умовах, максимально наближених до реальної експлуатації термоелектричних перетворювачів енергії, а також визначенню контактного електричного опору антидифузійних структур. Це сприяло би ще повнішому розкриттю практичного потенціалу отриманих результатів.

П'яте звернення:

Петро Горський – доктор фізико-математичних наук, головний науковий співробітник Інституту термоелектрики НАН України та МОН України.

Петро Горський зазначає, що важливою перевагою дисертаційної роботи є вдале поєднання фундаментальних положень фізики твердого тіла, матеріалознавства та термоелектрики для розв'язання актуальної прикладної задачі підвищення надійності термоелектричних перетворювачів енергії. Проведений аналіз фазових рівноваг і закономірностей міжатомної взаємодії дав змогу сформулювати науково обґрунтовані рекомендації щодо вибору складів антидифузійних покриттів та прогнозування їхньої поведінки в умовах тривалої експлуатації. Отримані результати створюють підґрунтя для подальшого розвитку методів комп'ютерного проектування контактних структур та функціональних матеріалів для термоелектричних пристроїв різного призначення. Як побажання до роботи слід відзначити, що більш детальний аналіз впливу технологічних параметрів електроосадження на фазовий склад і структуру покриттів дозволив би розширити практичну складову дослідження. Крім того, окремі положення роботи могли б бути проілюстровані додатковими кількісними оцінками довготривалої стабільності запропонованих структур.

Результати відкритого голосування:

«За» – 5 (п'ять) членів ради.

«Проти» – 0 (нуль) членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує Марії Кречун 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

PhD 13260,

доктор фізико-математичних наук,

професор, професор кафедри термоелектрики

та медичної фізики навчально-наукового інституту

фізико-технічних та комп'ютерних наук

Чернівецького національного університету

імені Юрія Федьковича



O. Maif

Олександр МАХАНЕЦЬ