

Рішення спеціалізованої вченої ради про присудження ступеня доктора філософії

Спеціалізована вчена рада Сумського державного університету МОН України, м. Суми, прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії Кахерському Станіславу Ігоровичу з галузі знань 10 «Природничі науки» на підставі прилюдного захисту дисертації «Структурні, субструктурні та оптичні характеристики наночастинок і плівок сполук NiO , ZnO , $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S}_x\text{Se}_{1-x})_4$, отриманих методом 3D друку» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» 26 грудня 2023 року.

Кахерський Станіслав Ігорович, 1994 року народження, громадянин України, закінчив Сумський державний університет, освіта повна вища, у 2015 році закінчив Сумський державний університет за спеціальністю «Електротехніка», освітній рівень «Бакалавр»; з 2016 до 2018 р. навчався в магістратурі Люблінського політехнічного університету за спеціальністю «Проектування електричних приладів». З 2019 до 2023 рр. Кахерський Станіслав Ігорович був здобувачем наукового ступеню доктора філософії Сумського державного університету і в повному обсязі виконав освітньо-наукову програму 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Дисертацію виконано в Сумському державному університеті МОН України, м. Суми, у відповідності з науковою тематикою кафедри електроніки і комп'ютерної техніки, що є частиною комплексних науково-дослідних робіт з тем № 0116U002619 (2018-2020 рр.) «Отримання та оптимізація властивостей плівок напівпровідників (ZnO , $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$ і металів (Ag , Cu), надрукованих на 3D-принтері, для пристроїв електроніки» (виконавець); № 0119U100398 (2019-2021 рр.) «Синтез та оптимізація властивостей СЕ на основі ГП $n\text{-ZnO}/p\text{-Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$, отриманих методом друку з використанням наночорнил» (відповідальний виконавець); № 0119U100398 (2021-2023 рр.) «Керування структурно-фазовим станом наночастинок і плівок нових оксидних матеріалів, нанесених хімічними методами, для потреб гнучкої електроніки і геліоенергетики» (виконавець); грант НАТО SPS Project 5916 (2021-2022 р.) «3D printed functional elements for flexible electronic devices» (відповідальний виконавець).

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

Основні наукові результати дослідження Кахерського С.І. були опубліковані в у 23 працях, з яких 4 статі у журналах, що індексуються наукометричними базами Scopus та Web of Science Core Collection, 1 стаття у фахових виданнях України, 6 статей у матеріалах Міжнародних наукових конференціях, що індексуються наукометричною базою Scopus, 11 тез доповідей та 2 патенти на корисну модель.

Опубліковані роботи цілком відповідають змісту дисертації та її висновкам. Основними науковими працями з них є наступні:

1. Optical Losses in Glass/ITO(ZnO)/CdS/Cu₂ZnSn(S_xSe_{1-x})₄ Solar Cells with Different Kesterite Composition / Kakherskyi S.I., Diachenko O.V., Opanasyuk N.M., Opanasyuk A.S. // Transactions on Electrical and Electronic Materials. – 2022. – V. 23. – P. 552 – 562, **Scopus, WoS, IF 2,810, Q3**.
2. Effect of Different Selenium Precursors on Structural Characteristics and Chemical Composition of Cu₂ZnSnSe₄ Nanocrystals / Kakherskyi S., Pshenychnyi R., Dobrozhan O., Vaziev J., Opanasyuk A., Gnatenko Yu. // Acta Physica Polonica A. – 2022. – V. 141, № 5. – P. 487 – 499, **Scopus, WoS, IF 0,735, Q4**.
3. Influence of Low-Temperature Annealing on the Structure and Chemical Composition of Cu₂ZnSnS₄ Films Deposited on Flexible Polyimide Substrates / Kakherskyi S.I., Dobrozhan O.A., Pshenychnyi R.M., Vorobiov S.I., Havryliuk, Ye. O., Komanicky V., Plotnikov S.V., Opanasyuk A.S. // Materials Science. – 2022. – V. 4. – P. 572 – 581, **Scopus, WoS, IF 0,508, Q3**.
4. Structural, microstructural, chemical, and optical properties of NiO nanocrystals and films obtained by 3D printing / Kakherskyi S., Pshenychnyi R., Dobrozhan O., Vaziev, Ja. G., Bukivskii A.P., Bukivskij P.M., Gnatenko, Yu. P., Opanasyuk A. // Applied Physics A: Materials Science and Processing. – 2021. – V. 127, № 715, **Scopus, WoS, IF 2,412, Q2**.
5. The Annealing Effect on the Structure and Microstructure of Three-Dimensional Printed Zinc Oxide Films / Yevdokymenko V., Dobrozhan O., Pshenychnyi R., Kakherskyi S., Opanasyuk A., Gnatenko Y. // 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering, UKRCON 2021 - Proceedings. – 2021. – P. 454-458, **Scopus**.
6. Optimization of Synthesis Conditions of Cu₂ZnSn(S_xSe_{1-x})₄ Nanocrystals for Use in Flexible Electronic Devices / Kakherskyi S., Dobrozhan O., Opanasyuk A., Pshenychnyi R., Gnatenko Y. // UkrMiCo 2021 - 2021 IEEE International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, Proceedings – 2021. – P.177645 (8pp), **Scopus**.
7. Influence of Temperature Annealing on Structural and Substructural Properties of Heterojunction ZnO / Cu₂ZnSnS₄ Obtained by Spraying Nanoinks / Yermakov M., Dobrozhan O., Kakherskyi S., Pshenychnyi, Pshenychnyi R., Opanasyuk A. // Proceedings of the 2021 IEEE 11th International Conference "Nanomaterials: Applications and Properties", NAP 2021. – 2021 – 176891 (4pp), **Scopus**.
8. The Effect of Low-temperature Annealing on the Structure and Chemical Composition of Cu₂ZnSnS₄ Films Deposited on Flexible Polyimide Substrates / Pshenychnyi R., Kakherskyi S., Dobrozhan O., Kurbatov D., Opanasyuk A. // Proceedings of the 2020 IEEE 10th International Conference on "Nanomaterials: Applications and Properties", NAP 2020. – 2020. – 166392 (5pp), **Scopus**.

9. Synthesis and Structural Properties of $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ Nanocrystals for Nanoinks to Print Flexible Electronic Devices / Pshenychnyi R., Kakherskyi S., Dobrozhan O., Vorozhtsov D., Opanasyuk A. // 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2020 - Conference Proceedings – 2020. – 164975 (5pp), **Scopus**.

У дискусії брали участь голова, члени спеціалізованої вченої ради та присутні на захисті фахівці:

Однодворець Лариса Валентинівна — голова спеціалізованої вченої ради, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувачка кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики Сумського державного університету. Дисертаційна робота Кахерського Станіслава Ігоровича на тему «Структурні, субструктурні та оптичні характеристики наночастинок і плівок сполук NiO , ZnO , $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S}_x\text{Se}_{1-x})_4$, отриманих методом 3D друку» є самостійним та завершеним науковим дослідженням. Враховуючи актуальність проблеми, методичні підходи, обсяг, ґрунтовність аналізу та повноту викладення наукових положень, теоретичне і практичне значення результатів досліджень, дисертація Кахерського Станіслава Ігоровича повністю відповідає вимогам до дисертаційних робіт доктора філософії. З урахуванням виконання у повному обсязі освітньої складової освітньо-наукової програми та індивідуального плану наукової роботи Кахерський С.І. заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Денисов Станіслав Іванович — опонент, доктор фізико-математичних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу ядерних досліджень Інституту прикладної фізики Національної академії наук України (м. Суми). У дисертаційній роботі Кахерського С.І. відсутні порушення академічної доброчесності. Дисертація є самостійною, логічною, цілісною, завершеною науково-дослідною роботою високого наукового рівня, спрямованою на вирішення актуальної науково-практичної проблеми у сфері тонкоплівкових фотоперетворювачів (ФЕП). У дисертації розглядається перспективність використання розчину NiO , ZnO , $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S}_x\text{Se}_{1-x})_4$ для створення тонкоплівкових фотоперетворювачів, що представляє собою екологічно безпечний матеріал з елементами, поширеними у земній корі. Кахерський С.І. обґрунтовує можливість зміни ширини забороненої зони матеріалу за допомогою регулювання концентрації сірки та селену, що сприяє підвищенню коефіцієнта корисної дії фотоперетворювача (ККД ФЕП). Тематика дисертаційної роботи є актуальною і відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і технологій в Україні. Перспективою застосування отриманих результатів є розробка більш ефективних і економічно доступних сонячних фотоелектричних перетворювачів (ФЕП). Викладене вище дозволяє зробити висновок про те, що дисертація на тему «Структурні, субструктурні та оптичні характеристики наночастинок і плівок сполук NiO , ZnO , $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S}_x\text{Se}_{1-x})_4$, отриманих методом 3D друку» відповідає

вимогам Постанови Кабінету Міністрів України №44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 26 грудня 2023 року, а здобувач Кахерський Станіслав Ігорович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» з галузі знань 10 «Природничі науки».

Зайцев Роман Валентинович — опонент, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри мікро- та наноелектроніки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Дисертаційна робота Кахерського Станіслава Ігоровича «Структурні, субструктурні та оптичні характеристики наночастинок і плівок сполук NiO , ZnO , $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S}_x\text{Se}_{1-x})_4$, отриманих методом 3D друку» є самостійною, завершеною науковою працею, що спрямована на отримання нових науково обґрунтованих теоретичних та практичних результатів, які в сукупності мають важливе значення для створення ефективних та удосконалення існуючих тонкопліткових фотоперетворювачів (ФЕП). Наукова і практична цінність результатів дисертаційної роботи підтверджується науковими статтями та іншими публікаціями Кахерського С. І., які відображають у повній мірі отриману наукову новизну. Ключові результати проведеного дослідження пройшли апробацію на відповідних міжнародних науково-практичних конференціях і в науково-дослідних роботах. Дисертація здобувача Кахерського С.І. має внутрішню єдність, виконана на високому науково-методичному рівні з використанням комплексу сучасних методів дослідження. Винесені на захист пункти наукової новизни, практичні результати та висновки є достовірними та достатньо повно розкритими. Як додаткове зауваження до дисертаційної роботи висловлено те, що було б доцільно розглянути альтернативні методи синтезу наночастинок, порівняльний аналіз із конкуруючими методами може додатково підтвердити ефективність обраного підходу, але загалом це не знижує значущості науково-практичних результатів проведених дисертаційних досліджень. Актуальність обраної теми дисертаційної роботи Кахерського С.І., обґрунтованість висновків і рекомендацій, достатній ступінь наукової новизни, кількість та якість публікацій відповідають вимогам Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» № 44 від 12 січня 2022 року, а автор дисертаційного дослідження Кахерський Станіслав Ігорович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 - Прикладна фізика та наноматеріали.

Гончаров Олександр Андрійович — рецензент, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри прикладної математики та моделювання складних систем Сумського державного університету. Принципових недоліків, що стосуються структури, змісту, обсягу та оформлення наукового теоретичного та практичного матеріалу дисертації Кахерського Станіслава Ігоровича не має, проте є окремі зауваження: вважається за доцільне врахувати можливість широкого впровадження методу 3D друку для отримання матеріалів сонячного елемента. Також доцільно описати виклики або обмеження, які можуть виникнути при масштабуванні цього методу для великих обсягів виробництва. Зауваження не мають принципового характеру і не знижують наявну наукову цінність та практичну значущість одержаних здобувачем результатів досліджень. Дисертант у повному обсязі виконав наукову та освітню складові індивідуального плану підготовки здобувача ступеня доктора філософії. Дисертаційна робота Кахерського С.І. «Структурні, субструктурні та оптичні характеристики наночастинок і плівок сполук NiO, ZnO, $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S}_x\text{Se}_{1-x})_4$, отриманих методом 3D друку» за актуальністю, методичними підходами, обсягом, ґрунтовністю аналізу та інтерпретацією отриманих даних, повнотою викладу принципових наукових положень, що мають істотне значення для галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали», повністю відповідає «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 № 44 від 12 січня 2022 р. Дисертант Кахерський Станіслав Ігорович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Шабельник Юрій Михайлович — рецензент, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики Сумського державного університету. Дисертація Кахерського Станіслава Ігоровича з одноосібно створеною кваліфікаційною науковою працею, що містить взаємо-пов'язані, узгоджені між собою, нові результати і наукові твердження, подані до публічного захисту. Загальний науковий рівень досліджень в дисертаційній роботі Кахерського С.І. є високим, задіяні експериментальні та теоретичні методи аналізу, синтезу, проведення розрахунків та їх оцінки характеризується глибоким рівнем їх розуміння і застосування. Загальне враження від дисертації здобувача Кахерського Станіслава Ігоровича позитивне. Стосовно структури, змісту, обсягу та оформлення науково-практичного матеріалу дисертаційної роботи принципових недоліків не має. Дисертація Кахерського С.І. є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить нове розв'язання актуальної проблеми, у повній мірі відповідає вимогам Постанови Кабінету

Міністрів України «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» № 44 від 12 січня 2022 року, а дисертант Кахерський Станіслав Ігорович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Результати відкритого голосування: «За» — 5 членів ради,
 «Проти» — 0 членів ради,
 «Утримались» — 0 членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування спеціалізована вчена рада присуджує **Кахерському Станіславу Ігоровичу** науковий ступінь доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Голова спеціалізованої
вченої ради

26 грудня 2023 р.



Л.В. Одноворець