

**Рішення спеціалізованої вченої ради ДФ 76.051.047
про присудження ступеня доктора філософії**

Спеціалізована вчена рада Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича ДФ 76.051.047, Міністерства освіти і науки України, м. Чернівці прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії галузі знань 10 Природничі науки на підставі прилюдного захисту дисертації «Тонкі плівки оксиду міді, вуглецевих і вуглецевмісних матеріалів та гетероструктури на їх основі» за спеціальністю 104 Фізика та астрономія «20» червня 2024 року.

Курищук Сергій Іванович, 1997 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2019 році Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електротехнології». В даний час є аспірантом кафедри кореляційної оптики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

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

Науковий керівник: кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри електроніки і енергетики навчально-наукового інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича Андрущак Галина Олегівна.

Здобувач має 15 наукових публікацій за темою дисертації. Основні положення і висновки дисертаційної роботи викладені у 8 наукових працях. Зокрема, 7 з них індексовані у наукометричній базі Scopus, 1 наукова праця – у виданнях, що включені до переліку наукових фахових видань України, 7 – у матеріалах і тезах доповідей на наукових конференціях, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Kuryshchuk S.I., Kovalyuk T. T., Parkhomenko H. P., Solovan M. M. Structural, electrical and optical properties of CuO thin films obtained by reactive magnetron sputtering. *East European Journal of Physics*. 2021. Vol. 2021, no. 4. P. 76–85. (Scopus, Web of Science, фахове видання).

2. Kuryshchuk S. I., Kovaliuk T. T., Koziarsky I. P., Solovan M. M. Structural, electrical and optical properties of Graphite films are drawn with pencils of different hardness. *East European Journal of Physics*. 2022. Vol. 2022, no. 3. P. 91-96. (Scopus, Web of Science, фахове видання).

3. Myroniuk L.A., Myroniuk D.V., Maistruk E.V., Kuryshchuk S.I., Ievtushenko A.I., Danylenko I.M., Strelchuk V.V., Koziarskyi I.P. Mechanical exfoliation of graphite to graphene in polyvinylpyrrolidone aqueous solution. *Himia, Fizika ta Tehnologia Poverhni*. 2023. Vol. 14, no. 2. P. 230-236. (Scopus, фахове видання).

4. Kuryshchuk S.I., Orletskii I.G., Shyrovov O.V., Myroniuk D.V., Solovan M.M. Optical and Electrical Properties of CuO Thin Films by Spray Pyrolysis Method. *Acta Physica Polonica A*. 2022. Vol. 142, no. 5. P. 625-628. (Scopus, Web of Science).

5. Kuryshchuk S. I., Solovan M. M., Mostovyi A. I. Fabrication and investigation of graphite/p-InP Schottky-type heterojunction. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*. 2021. Vol. 12126. ISSN: 0277-786X (Scopus, Web of Science).

6. Mostovyi A.I., Kuryshchuk S.I., Asanov N., Parkhomenko H.P., Kovaliuk T.T., Orletskyi I.G., Solovan M.M., Brus V.V. A self-powered UV–vis–NIR graphite/CdZnTe Schottky junction photodiode. *Semiconductor Science and Technology*. 2023. Vol. 38, no. 8. P. 085002. (Scopus, Web of Science) (Q3).

7. Курищук С. І., Мостовий А.І., Козярьський І.П., Солован М.М. Вплив товщини плівки графіту на електричні та фотоелектричні властивості гетеропереходів типу діодів шотткі графіт/n-Si. *Сенсорна електроніка і мікросистемні технології*. 2022. Т. 19. № 3. С. 30-37.

У дискусії взяли участь голова і члени спеціалізованої вченої ради та присутні на захисті фахівці:

• **Голова спеціалізованої вченої ради ДФ 76.051.047 Максимяк Петро Петрович**, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри кореляційної оптики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Зауваження до дисертаційного дослідження відсутні.

• **Опонент Мирончук Галина Леонідівна**, доктор фізико-математичних наук, професор, директор навчально-наукового фізико-технологічного інституту Волинського національного університету імені Лесі Українки. Зауваження:

1. У параграфі 2.6 запропоновано новий сонячний елемент на основі гетероструктури графіт/CuO, та проведено його детальний розрахунок. Але незрозуміло чому при розрахунку не враховано поверхневу рекомбінацію та рекомбінацію через дефекти у матеріалі поглинача?
2. Параграф 3.4, сторінка 97, при аналізі домінуючих механізмів струмопереносу визначається коефіцієнт гама, але не зрозуміло що це за коефіцієнт і для чого він визначається.
3. На сторінках 114 та 115 при розрахунках детективності фотодіодів використовуються значення теплового шуму, розраховані на основі шунтуючого опору. Чому не проводили прямі вимірювання шуму у фотодіодах?
4. В розділі 1, який містить літературний огляд немає посилань під представленими рисунками. Такі посилання є в тексті дисертації, але для зручності аналізу вони мали б міститися і безпосередньо під рисунком.

• **Опонент Федів Володимир Іванович**, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри біологічної фізики та медичної інформатики Буковинського державного медичного університету. Зауваження:

1. Для експлуатації запропонованих гетеропереходів в якості оптоелектронних та електронних приладів важливим є стабільність їх характеристик з часом. На жаль в роботі немає інформації про це.
2. В роботі описано метод виробництва високоякісного графену у водному розчині ПВП. Графен вивчали як у вигляді порошків, так і у вигляді тонких плівок. Про присутність і вплив ПВП згадується тільки на стор.84, зокрема "Прозорість графенових дисперсій визначено при довжині хвилі 660 нм, при якій вплив ПВП незначний". Але раманівська спектроскопія не виявила присутності у зразках ПВП і при подальшому використанні матеріалу у гетероструктурах не згадується ймовірний вплив присутності молекул ПВП на характеристики та функціональність досліджуваних гетеропереходів.
3. У пункті 3.5 представлено виготовлення та дослідження фоточутливих органічно-неорганічних гетеропереходів графіт/PEDOT:PSS/n-CdZnTe. Для створення омичного тилового контакту до кристала CdZnTe n-типу провідності використовували вплавлення індію, а для створення фронтального контакту до плівки PEDOT:PSS - провідний аерозоль на основі графіту (стор.100). На рис 3.23 зображено характеристики гетероструктур PEDOT:PSS/n-CdZnTe. Графіт як контакт включений в назву дослідженого гетеропереходу. Чому в назві гетеропереходу немає четвертого компоненту - індія (In)?
4. На стор.56 вказано, що "Енергія активації для тонких плівок CuO, отриманих методом піролізу розпилення [81], коливається в широкому діапазоні: від 0,08 до 0,57 еВ." Джерело літератури 81 не містить інформацію про діапазон енергій активацій для тонких плівок CuO, отриманих методом піролізу розпилення.
5. Зовнішню квантову ефективність розраховують на стор 112 та стор. 61, але формули 2.16 та 3.14,3.15 різні.
6. Є деякі зауваження технічного характеру: на стор. 47 - описка В ожиницях вимірювання кОм/...; на стор.53 - "сприй піроліз"; на стор. 65 - "фотомелектричними параметрами", на стор.77 - "діапазон привабливої сили ВандерВаальса.", стор.84 - "різні", стор.106 - "швидкодіїю", використання висловів - "дуже добре".

• **Рецензент Халавка Юрій Богданович**, доктор хімічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії та експертизи харчової продукції Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.
Зауваження:

1. В дисертації невдало сформульований Об'єкт дослідження, оскільки ним є не досліджувані матеріали та гетероструктури, а закономірності їх утворення, властивості тощо..
2. В роботі не вказано який детектор використовувався для EDX вимірювань. Відомо, що цей метод є малочутливим до легких

елементів (Оксигену та Карбону), тому розуміння моделі детектора є важливим для кількісної інтерпретації результатів. На рис 2.2. не ідентифікованим залишився цілком помітний пік з енергією трохи меншою за 2 кеВ, чи не є це сигналом домішок в матеріалі?

3. В роботі вживається термін «Розмір зерна», проте цей термін є неоднозначним. Слід вживати діаметр, ефективний діаметр, тощо
4. Автору було б доцільно у висновках порівняти властивості плівок купрум (II) оксиду одержані ним різними методами.
5. У висновку 4 стверджується, що «опір плівок збільшується зі зростанням твердості використаних олівців через збільшення кількості домішок глини в графіті, яка є діелектриком». Товщину плівок визначали за допомогою інтерферометра і наведено її приблизне значення, було б доцільно використати більш точні методи, наприклад атомно-силову мікроскопію, щоб остаточно підтвердити цей висновок.
6. В цьому ж висновку 4 є нелогічне твердження що «зі збільшенням твердості олівця збільшується пропускання, зумовлене зростанням вмісту оксидних матеріалів у нарисованих плівках, які мають велику ширину забороненої зони, а отже, більше пропускають електричний струм». Електрична провідність широкозонних матеріалів є зазвичай низькою і не завжди корелює з поглинанням світла, доцільніше було б вказати «пропускають світло видимого діапазону».

• **Рецензент Сльотов Олексій Михайлович**, доктор технічних наук, доцент, асистент кафедри електроніки і енергетики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Зауваження:

1. Розділ 2 присвячений дослідженню тонких плівок CuO і досягнуто покращення їх структурної досконалості, але немає досліджень спектрів фотолюмінесценції, які могли підтвердити покращення структурної досконалості плівок.
2. У третьому розділі параграф 3.3 досліджуються діоди Шотткі на основі кремнію. Однак кремній досліджується близько 100 років, краще було сфокусуватися на детальнішому дослідженні нових раніше не досліджуваних структурах.
3. Залишається не зрозумілим вибір матеріалу підкладки $p\text{-InP}$, оскільки в склад цього напівпровідника входить дорогий індій. На даний час всі виробники сонячних елементів уникають дорогих матеріалів у конструкції сонячних елементів.
4. Дисертаційна робота написана хорошою науковою мовою, проте в ній зустрічаються не зовсім вдалі скорочення, орфографічні помилки та неточності.

Результати голосування:

«За» 5 членів ради,
«Проти» 0 членів ради.

На підставі результатів голосування спеціалізована вчена рада ДФ 76.051.047 присуджує Курищуку Сергію Івановичу ступінь доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 104 Фізика та астрономія.

Голова спеціалізованої
вченої ради ДФ 76.051.047,
д. фіз.-мат. н., проф., завідувач
кафедри кореляційної оптики
навчально-наукового
інституту фізико-технічних та
комп'ютерних наук
Чернівецького національного
університету імені Юрія
Федьковича



Петро МАКСИМЯК