

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U001469

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 02-05-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Вакалюк Іванна Володимирівна

2. Ivanna V. Vakaliuk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6188-9793

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 104

Назва наукової спеціальності: Фізика та астрономія

Галузь / галузі знань: природничі науки

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Фізика та астрономія

Дата захисту: 20-06-2025

Спеціальність за освітою: Фізика та астрономія

Місце роботи здобувача: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Код за ЄДРПОУ: 02125266

Місцезнаходження: вул. Шевченка, буд. 57, Івано-Франківськ, 76018, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 139

Повне найменування юридичної особи: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Код за ЄДРПОУ: 02125266

Місцезнаходження: вул. Шевченка, буд. 57, Івано-Франківськ, 76018, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Код за ЄДРПОУ: 02125266

Місцезнаходження: вул. Шевченка, буд. 57, Івано-Франківськ, 76018, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.19.29

Тема дисертації:

1. Структурні та оптичні властивості бінарних та легованих тонких плівок на основі CdTe, CdS, отриманих методом фізичного осадження у вакуумі.
2. Structural and optical properties of binary and doped thin films based on CdTe, CdS, obtained by physical vapor deposition in vacuum.

Реферат:

1. Об'єкт дослідження – вплив різних технологічних параметрів осадження тонких напівпровідникових плівок і гетероструктур на їх оптичні і структурні властивості. Мета дисертаційної роботи – встановити закономірності впливу технологічних параметрів процесу фізичного осадження з парової фази у вакуумі на оптичні, структурні та фотоелектричні характеристики бінарних та легованих тонких плівок на основі CdTe, CdS та гетероструктур, які визначають їхню придатність для застосування в фотоелектричному перетворенні енергії. Методи дослідження: тонкі плівки CdTe і CdS отримували фізичним осадженням у вакуумі, товщину вимірювали профілометром Bruker Dektak XT. Оптичні характеристики визначали спектрофотометром Cary Series UV-Vis-NIR. Структуру і морфологію вивчали методом оптичної мікроскопії, СЕМ (Tescan Vega3), АСМ

(CSM Instrument), хімічний склад – EDS (Quantax, Bruker Nano GmbH) і XPS (AXIS Supra). Фотоелектричні характеристики моделювали в середовищі SCAPS. Оптичні константи обчислювали методом Сванеполья. Теоретичні і практичні результати: теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено вплив технологічних факторів на ефективність фотоелектричної комірки. SCAPS-моделювання дозволило визначити оптимальні товщини шарів, при яких можна отримати максимальні фотоелектричні ефективності. Показано можливість утворення проміжного шару CdTeSn за рахунок міжшарової дифузії, який покращує параметри гетероструктури. Контроль технологічних режимів осадження плівок дозволяє плавно коригувати параметри плівки чи гетероструктури за рахунок зміни як товщини (час осадження матеріалу та його кількість), так і складу такого проміжного шару (від якого суттєво залежить значення ширини забороненої зони). Наукова новизна: проаналізовано формування проміжних шарів типу CuTe і CdTeSn внаслідок взаємодифузії під час осадження у вакуумі. Встановлено, що легування CdTe індієм сприяє утворенню псевдобінарної фази CdTe-InTe , що підвищує оптичну прозорість. Проведено розрахунок оптичних констант для CdTe:In методом Сванеполья. Моделювання гетероструктури CdTe/CdS в середовищі SCAPS показало ефективність енергетичного перетворення до ~23% із врахуванням впливу проміжних шарів. Проаналізовано вплив товщини проміжного шару та його ширини забороненої зони, яку можна змінювати контролем технологічних параметрів, на фотоелектричну ефективність. Ефективність впровадження: результати мають прикладне значення для створення вискоелективних тонкопліткових сонячних елементів. Галузь використання: матеріали й технології можуть бути використані в енергетиці, електроніці та матеріалознавстві.

2. The research object is the influence of various technological parameters of deposition of thin semiconductor films and heterostructures on their optical and structural properties. The purpose of the research is to establish the regularities of the influence of technological parameters of the process of physical vapor deposition in a vacuum on the optical, structural and photovoltaic characteristics of binary and doped thin films based on CdTe , CdS and heterostructures, which determine their suitability for use in photovoltaic energy conversion. Research methods: CdTe and CdS thin films were obtained by physical deposition in a vacuum, the thickness was measured by a Bruker Dektak XT profilometer. The optical characteristics were determined by a Cary Series UV-Vis-NIR spectrophotometer. The structure and morphology were studied by optical microscopy, SEM (Tescan Vega3), AFM (CSM Instrument), and chemical composition by EDS (Quantax, Bruker Nano GmbH) and XPS (AXIS Supra). The photoelectric characteristics were modeled in the SCAPS environment. Optical constants were calculated by the Swanepoel method. Theoretical and practical results: the influence of technological factors on the performance of solar cells was theoretically substantiated and experimentally confirmed. SCAPS simulations made it possible to determine the optimal thicknesses of layers for achieving maximum photoelectric efficiency. The formation of an intermediate CdTeSn layer due to interdiffusion was shown, which improves the parameters of the heterostructure. Control of the deposition parameters allows for the adjustment of film or heterostructure properties by varying both the thickness (deposition time and material quantity) and the composition of the intermediate layer, which significantly affects the bandgap width. Scientific novelty: the formation of intermediate layers such as CuTe and CdTeSn as a result of interdiffusion during vacuum deposition was analyzed. It was established that doping CdTe with indium promotes the formation of a CdTe-InTe pseudobinary phase, increasing optical transmittance. The optical constants for CdTe:In were calculated using the Swanepoel method. Modeling of the CdTe/CdS heterostructure in SCAPS demonstrated energy conversion efficiency of up to ~23%, considering the influence of interfacial layers. The effect of the intermediate layer thickness and its bandgap width controllable through deposition parameters on photoelectric efficiency was analyzed. Implementation potential: the results have practical significance for the development of high-efficiency thin-film solar cells. Fields of application: the developed materials and technologies can be used in energy, electronics, and materials science.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Нові речовини і матеріали

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- 1. Vakaliuk I.V., Yavorskyi R.S., Naidych B.P., Nykyruy L.I., Katanova L.O., Zamuruieva O.V. Optical properties of CdTe:In thin films deposited by PVD technique. Journal of Nano- and Electronic Physics. 2023. Vol 15, № 5. P. 05023. DOI: [https://doi.org/10.21272/jnep.15\(5\).05023](https://doi.org/10.21272/jnep.15(5).05023) URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85176566017&origin=resultslist>
- 2. Mazur T.M, Mazur M.P, Vakaliuk I.V. Solar cells based on CdTe thin films (Part II). Physics and Chemistry of Solid State. 2023. Vol. 24, № 1. P. 134-145. DOI: <https://doi.org/10.15330/pcss.24.1.134-145> URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85160326777&origin=resultslist>
- 3. Vakaliuk I.V., Yavorskiy R.S., Nykyruy L.I., Naidych B.P., Yavorskyi Ya.S. Morphology and optical properties of CdS thin films prepared by Physical Vapor Deposition method. Physics and Chemistry of Solid State. 2022. Vol. 23, №. 4. P. 669-677. DOI: <https://doi.org/10.15330/pcss.23.4.669-677> URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85145557043&origin=resultslist>
- 4. Yaremiichuk O., Nykyruy L., Zapukhlyak Z., Yavorskyi R., Potera P., Malyarska I., Fedoryk O. Optical Properties of CdS/CdTe Heterojunction Prepared by Physical Vapor Deposition Technique. Physics and Chemistry of Solid State. 2018. Vol. 19, No. 3. P. 209 – 216. DOI: <https://doi.org/10.15330/pcss.19.3.209-216> URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85145557043&origin=resultslist>
- 5. Вакалюк І., Яворський Р., Замуруєва О., Катанова Л., Скіпальський, М. Фотовольтаїчні матеріали: поточні ефективності та майбутні виклики. Фізика та освітні технології. 2023. № 3. С. 3–12. DOI: <https://doi.org/10.32782/pet-2023-3-1> URL: <http://journals.vnu.volyn.ua/index.php/physics/article/view/1466>
- 6. Олексин Ж.Р., Никируй Л.І., Яворський Р.С., Малярська І.В., Матківський О.М., Замуруєва О.В., Федосов С.А. Моделювання впливу параметрів буферного шару на властивості фотоелектричної комірки. Наукові нотатки. 2021. № 72. С. 204 – 216. DOI: <https://doi.org/10.36910/775.24153966.2021.72.31> URL: https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/naukovi_notatky/article/view/698

Наукова (науково-технічна) продукція: технології

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщення імпорту

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0122U201231

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ільницький Роман Васильович
2. Roman V. Ilnytskyi

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.18

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2748-2260

Додаткова інформація: Scopus Author Identifier: 57197866733; Web of Science ResearcherID: HJO-8461-2023

Повне найменування юридичної особи: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Код за ЄДРПОУ: 02125266

Місцезнаходження: вул. Шевченка, буд. 57, Івано-Франківськ, 76018, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Никируй Любомир Іванович

2. Lyubomyr I. Nykuryu

Кваліфікація: к. ф.-м. н., професор, 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3754-0348

Додаткова інформація: Scopus Author Identifier: 56009792600; Web of Science ResearcherID: P-6659-2014

Повне найменування юридичної особи: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Код за ЄДРПОУ: 02125266

Місцезнаходження: вул. Шевченка, буд. 57, Івано-Франківськ, 76018, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Поп Михайло Михайлович

2. Mukhaylo M. Pop

Кваліфікація: к.ф.-м.н., доц., 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3674-3482

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 57189505075; Web of Science ResearcherID: KNQ-8037-2024

Повне найменування юридичної особи: Державний вищий навчальний заклад "Ужгородський національний університет"

Код за ЄДРПОУ: 02070832

Місцезнаходження: вул. Підгірна, буд. 46, Ужгород, Ужгородський р-н., 88000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сльотов Олексій Михайлович

2. Oleksii M. Slyotov

Кваліфікація: д. т. н., доц., 05.27.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2135-9544

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 57205590051; ResearcherID: R-9787-2016

Повне найменування юридичної особи: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Код за ЄДРПОУ: 02071240

Місцезнаходження: вул. Коцюбинського, буд. 2, Чернівці, 58012, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Яремій Іван Петрович

2. Ivan P. Yaremiy

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.18

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8549-1173

Додаткова інформація: 23494435000

Повне найменування юридичної особи: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Код за ЄДРПОУ: 02125266

Місцезнаходження: вул. Шевченка, буд. 57, Івано-Франківськ, 76018, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дзундза Богдан Степанович

2. Bogdan S. Dzundza

