

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

МАТЕРІАЛИ V Міжнародної науково-практичної
інтернет-конференції
Розвиток сучасної науки та освіти:
реалії, проблеми якості, інновації

MATERIALS of the V International Scientific and
Practical Internet Conference
The development of modern science and education:
realities, problems of quality, innovations

29-31 травня 2024
May 29-31, 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
Інститут професійної освіти НАПН України
Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова НАН України
Федеральний інститут професійної освіти (ФРН)
Вища технічна школа в Катовіце (Польща)
Люблінська політехніка (Польща)
Європейський інститут безперервної освіти (Словацька Республіка)
Технічний університет Дортмунда (ФРН)
ЗАТ «Національний центр ядерних досліджень» Міністерства транспорту, зв'язку
та високих технологій Азербайджанської республіки
(Азербайджанська Республіка)
Маріямпольська колегія (Литва)

РОЗВИТОК СУЧАСНОЇ НАУКИ ТА ОСВІТИ: РЕАЛІЇ, ПРОБЛЕМИ ЯКОСТІ, ІННОВАЦІЇ

МАТЕРІАЛИ

V МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ

29-31 травня 2024 року

Запоріжжя – 2024

УДК [001+37]: 001.895] (043.2)
T13

Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації:
матеріали V Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. (м. Запоріжжя, 29-31 травня 2024 р.) / ТДАТУ; за наук. ред. С. В. Кюрчев, В. О. Радкевич, В. М. Кюрчев та ін.
Запоріжжя : ТДАТУ, 2024. 576 с.

Рекомендовано до друку Вченою радою
Таврійського державного агротехнологічного
університету імені Дмитра Моторного
(протокол №10 від 28.05.2024 р.)

Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації» вміщує результати наукових досліджень науковців, наукових співробітників, викладачів, здобувачів різних рівнів вищої освіти, вчителів з актуальних проблем гуманітарних, природничо-математичних і технічних наук. Напрямки роботи конференції: актуальні питання та проблеми фізико-математичних наук; інновації та закономірності розвитку технічних наук; перспективні напрями наукових досліджень з біосистемної агроінженерії, агротехнологій та агроекології; реалізація STEM-освіти: стан, шляхи та перспективи; використання інноваційних технологій в освітньому процесі в умовах сучасних викликів.

Редакційна колегія:

Кюрчев С. В. – доктор технічних наук, професор;

Радкевич В. О. – доктор педагогічних наук, професор, дійсний член (академік) НАПН України;

Кюрчев В. М. – доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, член-кореспондент НААН України, Заслужений працівник освіти України;

Кідалов В. В. – доктор фізико-математичних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України;

Тітова О. А. – доктор педагогічних наук, професор;

Дьоміна Н. А. – кандидат технічних наук, доцент;

Дяденчук А. Ф. – кандидат технічних наук, доцент.

Відповідальність за грамотність, автентичність цитат, достовірність фактів і посилань, зміст тез несуть автори публікацій. Матеріали видані в авторській редакції.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ТА ПРОБЛЕМИ ФІЗИКО- МАТЕМАТИЧНИХ НАУК

Микола Шут, Тарас Січка, Людмила Благодаренко. Впровадження результатів досліджень властивостей полімерних композитів в освітній процес з фізики.....	13
Олексій Капустян, Юлія Федоренко, Дмитро Безущак. Граничні множини імпульсних нескінченновимірних динамічних систем.....	20
Олександр Станжицький, Вікторія Цань. Дослідження дисипативності систем динамічних рівнянь на часових шкалах з малою функцією зернистості.....	24
Ніна Касімова. Розв'язність задачі оптимального керування в коефіцієнтах для нелінійної виродженої параболічної варіаційної нерівності (Solvability Issue for Optimal Control Problem in Coefficients for Non-Linear Degenerate Parabolic Inequality)	29
Фарход Асроров, Олег Перегуда. Інтегральні множини розривних динамічних систем.....	33
Віктор Сорич, Ніна Сорич. Нові можливості знаходження верхніх меж найкращих наближень.....	38
Кирило Бондаренко, Ольга Кічмаренко. Наближений розв'язок задачі оптимального керування для рівняння з похідною хукухари зі швидкоколивними коефіцієнтами на скінченному інтервалі.....	43
Grygoriy Petryna, Andrii Stanzhytskyi. On the Approximation of Stochastic Systems with Delay.....	49
Оксана Федунік -Яремчук. Колмогоровські поперечники класів	51

періодичних функцій багатьох змінних у просторі.....	
Elena Shornikova. Magneto-optics of colloidal nanocrystals.....	56
.....	
Олена Дереза. Розробка керуючої програми обробки деталі «підстава».....	57
Даніїл Вічорський. Сплайн інтерлінація та її місце в сучасному науковому просторі.....	63
.....	
Олександр Рапчинський. Математичні моделі протікання та лікування онкологічних хвороб.....	66

СЕКЦІЯ 2.

ІННОВАЦІЇ ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ НАУК

Chichek Abbasova, Юрій Бачеріков, Ольга Охріменко, Валерій Кідалов, Володимир Батурін, Олександр Карпенко, Альона Дяденчук, Олександр Коломис, Віктор Стрельчук, Зоя Максименко, Валентина Пономаренко. Формування плівок ZnO на підкладках SiC/porous-Si/Si....	73
Микола М. Ткачук, Олена Зінченко, Андрій Грабовський, Володимир Сєриков, Микола А. Ткачук, Наталя Дьоміна, Ірина Гречка. Варіаційні постановки задачі про контактну взаємодію тіл близької форми.....	79
...	
Євген Гавриленко. Використання системи MASTERCAM при створенні програмного забезпечення токарних верстатів з ЧПУ для виконання допоміжних технологічних операцій.....	84
Альона Дяденчук, Сергій Носань. Моделювання та оптимізація сонячних елементів CdS/CdTe з одношаровими антивідбивними покривами.....	92
..	

Олександр Вершков, Олександр Мацулевич, Олена Дереза. Загальні налаштування системи MASTERCAM для виконання завдань з розробки управляючих програм токарної обробки валів.....	98
Олена Дереза. Розробка керуючої програми обробки деталі типу тіла обертання.....	104
Галина Антонова, Олена Михайленко, Андрій Чаплінський. Методика розробки програмного забезпечення виконання різьбонарізних операцій в системі MASTERCAM з розробкою постпроцесора для верстата з ЧПУ.....	110
Олександр Романюк, Євген Завальнюк. Метод зворотного трасування промені В.....	119
Валерій Кравченко. Моделювання системи варіантів використання ПК автоматизації проектування клинопасових передач.....	125
Валерій Кравченко, Данило Решевський. Моделювання системи аналізу зображень з використанням нейронних мереж.....	129
Олександр Вовк, Сергій Квітка. Збереження роботоздатності трифазних асинхронних двигунів при обриві фази джерела живлення.....	133
Людмила Нечволода, Катерина Крикуненко, Микита Багач. Технічний аналіз фінансових ринків з використанням бібліотеки TA-LIB (technical analysis library)	139
Сергій Квітка, Олександр Вовк. Пристрій захисту групи асинхронних двигунів від теплових перевантажень.....	143
Наталія Євтушенко, Наталія Твердохлєбова. Інноваційні освітні технології системи професійної інженерної освіти.....	148

Тетяна Воробкало, Олексій Воробкало. Моделювання радіотехнічних сигналів та процесів в часовій області в програмі MATHCAD	152
Наталія Кондрат'єва, Вікторія Леонт'єва, Карина Мажай, Геннадій Усатенко, Антон Гусєв. Інструменти візуалізації систем даних складної системи.....	156
Вікторія Леонт'єва, Наталія Кондрат'єва, Василь Свириденко, Геннадій Касапов, Денис Лаур. Розробка веб-сайту на основі фреймворка Laravel для створення форми реєстрації на уявну конференцію..... ...	166
Юлія Олейникова. Керування маркетинговою діяльністю транспортного підприємства в процесі інноваційного розвитку.....	173

СЕКЦІЯ 3. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З БІОСИСТЕМНОЇ АГРОІНЖЕНЕРІЇ, АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА АГРОЕКОЛОГІЇ

Svitlana Tsekhmistrenko, Volodymyr Bityutsky, Yuliia Melnychenko, Olga Shulko. Harnessing the potential of nanoparticles for innovative green nanotechnologies in agroecology.....	176
Микола Данченко, Данііл Майборода, Олена Данченко. Онтогенетичні особливості вмісту фенольних сполук у вівсі посівному....	181
Олександр Мацулевич, Галина Антонова. Автоматизація процесу проектування робочих поверхонь кулачків верстатів деревопереробної промисловості.....	186
Олександр Мацулевич, Ілля Тетервак. Застосування системи TECHNOLOGI CS для проектування автоматизованої системи ведення технічної документації на підприємстві сільськогосподарського машинобудування..... ..	192
Олександр Вершков, Галина Антонова. Автоматизована система проектування технологічного оснащення для виготовлення вузлів та агрегатів сільськогосподарських машин.....	199

СЕКЦІЯ 4. РЕАЛІЗАЦІЯ STEM-ОСВІТИ: СТАН, ШЛЯХИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Регіна Андрюкайтене, Каріна Олексенко, Альона Дяденчук. Інтеграція штучного інтелекту в освітній процес: переваги та етичні аспекти.....	206
Ольга Гулай, Микола Матич. Можливості використання CHATGPT і GEMINI в освітньому процесі.....	211
Володимир Кувачов, Анастасія Коноваленко. 10 етапів дистанційного забезпечення процесу технічної творчості здобувачів вищої освіти з	216

використання інструментів STEM.....

.....

Віталій Ачкан, Юліана Савкіна. Дослідницька діяльність старшокласників на уроках математики під час війни.....

.....

222

Наталя Дьоміна, Василь Кравець. Спрямованість навчання в контексті STEM-освіти.....

.....

227

Сергій Сімченко, Світлана Морозова, Ілона Сімченко, Станіслав Капінус. Використання великих мовних моделей в освіті та дослідницькій діяльності.....

.....

231

Марина Грисенко, Дар'я Іванова. Впровадження STEM-проектів у вивченні математики: вплив на досягнення учнів.....

.....

237

Наталія Кочаток, Олена Шамралуک. STEM-підхід у підготовці кваліфікованих робітників.....

.....

240

Альона Дяденчук. Використання Microsoft Excel у підтримці процесу викладання фізики для здобувачів вищої освіти.....

.....

245

Олександр Мацулевич, Олена Михайленко. Комплексний метод визначення характеристики кольору по кольоровому контрасту при вивченні курсу «Графічний дизайн».....

.....

250

Назар Третяк. Застосування технології віддалених робочих столів в навчальному процесі.....

.....

255

Ольга Зінов'єва. Використання сучасних геоінформаційних систем в професійній підготовці здобувачів вищої освіти.....

.....

261

Лариса Шинкура. Перспективи використання штучного інтелекту для покращення викладання математики у фаховому коледжі.....

265

Лариса Карпенко. Використання QR кодів при викладанні математики

269

в закладах фахової передвищої освіти.....	
.....	
Денис Шалатов. Розвиток продуктивного мислення із застосуванням фокус-прикладу з фізики.....	275
Ігор Жабровець. Основні тенденції впровадження концепції STEM у освітньому процесі.....	280
.....	
Данило Гончаров. Штучний інтелект в освіті.....	284
.....	
Дар'я Кузнєцова. Реалізація дидактичного принципу виховання здорової особистості на уроках математики.....	287
.....	

СЕКЦІЯ 5. ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ

Валентина Радкевич. Технологічні аспекти розвитку професійної освіти в повоєнний період.....	29
.....	2
Людмила Благодаренко, Сергій Василенко. Використання методів візуалізації в освітньому процесі з фізики як чинник підвищення рівня засвоєння знань.....	29
.....	8
Олександр Радкевич. Перспективи інтеграції штучного інтелекту в процеси оцінювання професійної діяльності педагогів.....	30
.....	3
Олена Тітова. Удосконалення інклюзивної компетентності викладача фахового коледжу в умовах сучасних викликів.....	30
.....	9
Валентина Попова. Соціальний ефект інноваційних технологій у освітньому процесі: вимірювання та оцінювання.....	31
.....	5
Микола Пригодій. Психолого-педагогічні проблеми використання.....	32

цифрових освітніх платформ.....	2
Андрій Гуржій, Микола Пригодій. Аналіз ринку віртуальних навчальних лабораторій.....	32
....	7
Олена Тітова. Інноваційність професійного діяльності педагога: аналіз зарубіжного досвіду.....	33
.....	2
Людмила Єршова. Особливості соціогуманітарної підготовки майбутніх фахівців для повоєнного відновлення України.....	33
.....	8
Вікторія Кручек. Вплив змішаного навчання на мотивацію здобувачів освіти.....	34
.....	4
Андрій Каленський. Сучасні педагогічні технології в освітньому процесі екологічної підготовки фахівців аграрної галузі.....	35
.....	0
Віталій Ачкан, Ольга Лихацька. Засоби формування мовленнєвої компетентності старшокласників на уроках математики....	35
.....	5
Анна Остапенко. Характеристики програм самоосвіти для викладачів науково-технічної освіти.....	36
.....	0
Ірина Мося, Петро Лузан. Технологія оцінювання якості підготовки фахівців у коледжах аграрного профілю.....	36
.....	5
Михайло Повідайчик, Оксана Повідайчик. Організація навчання через дослідження в процесі професійної підготовки майбутніх вчителів математики.....	37
.....	0
Оксана Лапа. Розвиток професійних навичок практичного психолога закладу професійної (професійно-технічної) освіти у воєнний час.....	37
.....	6

Наталія Євтушенко, Ольга Пономаренко, Ольга Сухенко. Application of Digital Technologies in Activity Educational Institutions of Higher Technical Education.....	38
.....	0
Юлія Холодняк. Інформаційні системи та технології в освіті: сучасні тренди та виклики.....	38
.....	4
Олександр Гуменний. Інтеграція інноваційних технологій у навчання токарів: застосування цифрової навчальної платформи.....	38
.....	9
Тетяна Пятничук. Особливості використання кейс-методу у професійній підготовці будівельників.....	39
	3
Олександр Мацулевич. До питань обмеження вільного доступу до інформаційних ресурсів при виконанні лабораторних робіт з комп'ютерних дисциплін.....	39
...	7
Наталя Твердохлєбова, Наталія Євтушенко. Використання інструментів цифровізації при підготовці фахівців галузі «Охорона праці».....	40
	2
Ольга Швай. Дуальна освіта як ефективна форма підвищення якості підготовки майбутніх вчителів математики.....	40
.....	6
Олександр Вершков, Олена Дереза. Актуальні проблеми сучасного виховання студентської молоді.....	41
.....	0
Олександр Мацулевич. Підготовка фахівців з розробки та впровадження автоматизованих систем проектування.....	41
.....	6
Інна Гриценюк. Механізми зворотного зв'язку в консультуванні здобувачів професійної освіти з питань молодіжного підприємництва.....	42
	2
Валерій Кравченко. Моделювання системи оцінки якості самостійної роботи студентів професії комп'ютерні науки в умовах сучасних	42
	8

викликів.....	
.....	
Тетяна Поведа, Руслан Поведа. Колоквіум як інтерактивна форма вивчення навчальних фахових дисциплін в умовах підготовки майбутнього вчителя фізики.....	43
.....	5
Ольга Єршова. M-LEARNING як інструмент онлайн освіти: проблеми та можливості для України.....	44
.....	1
Микола-Олег Єршов. Дошкільна IT-освіта в цифровій гуманістичній педагогіці XXI століття.....	44
.....	6
Наталія Ваніна. Інновації як чинник соціально-економічної ефективності консультування з молодіжного підприємництва.....	45
.....	2
Оксана Субіна. Моніторинг якості змішаного навчання в системі професійної освіти.....	45
.....	8
Олена Пшенична, Геннадій Циммерман, Максим Шпак. До питання коригування складових підготовки майбутніх вчителів інформатики відповідно до викликів сьогодення.....	46
.....	4
Андрій Сабо. Можливі шляхи підвищення долі процедурної складової в інженерній освіті.....	47
.....	1
Андрій Сабо, Сільвія Сабо. Використання інструктивних карток у дистанційному навчанні.....	47
.....	7
Валерій Байдулін. Актуальні питання інформатизації кар'єрного зростання майбутніх спеціалістів та молодих підприємців.....	48
.....	2
Дар'я Вороніна-Пригодій. Підготовки педагогів професійного навчання до використання соціальних медіа.....	48
.....	7

Костянтин Васишин, Ольга Митцева. Математичне моделювання у освітніх програмах студентоцентрованого навчання в Україні.....	49 3
Олександр Макаренко, Тетяна Несторенко, Олександр Несторенко. Сценарії релокації університетів з прифронтових територій в умовах воєнного стану.....	49 9
Алла Ільєнко, Єва Проніна. Внутрішньо-корпоративні комунікації в організації та заходи щодо їх покращення.....	50 4
Ольга Чабаненко. Супервізія як метод професійного зростання педагога.....	50 9
Руслан Шевченко. Інформаційне моделювання як засіб розвитку пізнавальної активності учнів.....	51 3
Сергій Кулешов. Virtual Laboratories in the Process of it Bachelors Training.....	51 8
Данило Сиволап. Сутність професійної культури керівників структурних підрозділів підприємств поштового зв'язку.....	52 2
Кирило Колесников. Використання інформаційних технологій у майбутніх фахівців фізичної культури і спорту до фізкультурно-спортивної реабілітації засобами фітнес-технологій.....	52 8
Ксенія Яцина. Роль куратора у формуванні професійно-ціннісних орієнтацій майбутніх агротехніків.....	53 5
Валентин Гайчук. Інформаційні технології в процесі формування готовності до комунікативної взаємодії майбутніх графічних дизайнерів....	53 8
Антон Лавошник. Аналіз методик формування підприємницької компетентності у слухачів курсів підвищення кваліфікації в центрах	54 3

зайнятості.....	
...	
Юлія Єршова. Соціогуманітарна складова вищої освіти в Україні.....	54 8
Анастасія Слободянік. Стартап-ініціатива зі створення інклюзивних технологічних рішень в умовах сучасних викликів.....	55 3
Ярослав Мілька. Цифрова гуманітаристика: використання технологій у дослідженні та збереженні культурної спадщини.....	55 8
Марина Ніколаєнко. Просування творчості студентів у Інстаграмі як складник бренду закладу вищої освіти.....	56 2
Максим Різник. Використання проєктів як ефективного підходу до викладання інформатики.....	56 7
Іван Лут. Мережа «Інстаграм» як засіб формування і просування екокультури.....	57 0

УДК [621.315.592.1:621.372.8:621.385.832.36]:004.9

Альона Дяденчук, кандидат технічних наук,
доцент, доцент кафедри вищої математики і фізики,
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
Сергій Носань, провідний інженер-енергетик,
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ CdS/CdTe З ОДНОШАРОВИМИ АНТИВІДБИВНИМИ ПОКРИТТЯМИ

Анотація. У роботі проведено моделювання електричних та оптичних властивостей сонячних елементів на основі гетероструктури CdS/CdTe за допомогою програмного забезпечення PC1D. Основний акцент дослідження спрямовано на вивчення впливу параметрів антивідбивного покриття на ефективність сонячних елементів CdS/CdTe та їхню оптимізацію. Досліджено вплив показника заломлення та товщини антивідбивного покриття на ефективність сонячних елементів.

Ключові слова: фотовольтаїка, комп'ютерне моделювання, напівпровідникові гетероструктури.

Abstract. The paper simulates the electrical and optical properties of solar cells based on the CdS/CdTe heterostructure using PC1D software. The main emphasis of the research is aimed at studying the influence of anti-reflective coating parameters on the efficiency of CdS/CdTe solar cells and their optimization. The influence of the refractive index and the thickness of the anti-reflective coating on the efficiency of solar cells was studied.

Key words: photovoltaics, computer modeling, semiconductor heterostructures.

Сонячна енергетика стає все більш актуальною в контексті пошуку сталого джерела енергії для сучасного суспільства. Фотоперетворювачі (ФЕП) на основі гетероструктури CdS/CdTe виявляються досить перспективними для виробництва ефективних сонячних елементів [1-2]. У порівняння з комерційними кремнієвими панелями CdS/CdTe панелі все ще мають нижчу потужність конверсії, однак сонячні елементи CdS/CdTe отримують велику увагу завдяки високій ефективності перетворення сонячної енергії, високій стійкості до деградації під

впливом навколишнього середовища, простоті виробництва тощо [3-4]. Унікальні властивості цих матеріалів дають можливість досягти значних покращень у сфері фотовольтаїки. Збільшити ефективність ФЕП за рахунок збільшення кількості фотонів, які досягають активного шару сонячного елемента, можна досягти за допомогою нанесення антивідбивного покриття [5].

У зв'язку з вищезазначеним актуальним є питання максимізації потенціалу ФЕП на основі гетероструктури CdS/CdTe шляхом оптимізації її структури та властивостей.

Мета роботи полягає в дослідженні фотовольтаїчних параметрів гетероструктури CdS/CdTe. Основний акцент дослідження спрямовано на вивчення впливу параметрів антивідбивного покриття на ефективність сонячних елементів CdS/CdTe та їхню оптимізацію.

Моделювання електричних та оптичних властивостей сонячних елементів на основі гетероструктури CdS/CdTe було проведено за допомогою програмного забезпечення PC1D. PC1D дозволяє враховувати вплив різних фізичних параметрів, таких як товщина та склад шарів, умови вирощування та обробки матеріалів, на характеристики сонячного елемента [6]. За результатами моделювання отримано вольт-амперну характеристику гетероструктури CdS/CdTe (рис. 1), а також напругу холостого ходу, струм короткого замикання, максимальну потужність. Розрахунок коефіцієнту заповнення та ефективності проведено за формулами наведеними в [7].

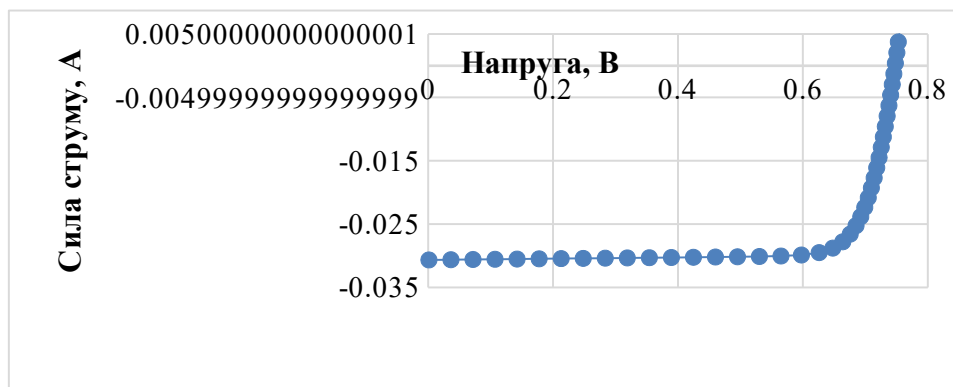


Рис. 1. Вольт-амперна характеристика фотоперетворювача CdS/CdTe

Згідно отриманих даних ККД сонячного елементу CdS/CdTe без антивідбивного покриття становить 18,7% (табл. 1).

Таблиця 1. Фотовольтаїчні параметри виготовлених ФЕП на основі гетероструктури CdS/CdTe

Антивідбивне покриття	Показник заломлення	Струм короткого замикання I_{sc} , мА	Напруга холостого ходу V_{oc} , мВ	ККД η , %
Гетероструктура CdS/CdTe без антивідбивного покриття				
-	-	30,7	747,5	18,7
Гетероструктура CdS/CdTe з антивідбивним покриттям				
SiO ₂	1.4585 [8]	33,3	749,6	20,3
ZnO	2.0034 [9]	31,9	748,5	19,4
ITO	1.8270 [10]	32,6	749,1	19,9
TiO ₂	2.6142 [11]	28,3	745,4	17,1
ZnS	2.3677 [12]	28,7	745,8	17,4
AZO	1.8284 [13]	32,6	749,1	19,9
FTO	2.2401 [14]	29,6	746,6	18,0
Al ₂ O ₃	1.7682 [15]	32,9	749,4	20,1

Ефективність сонячних елементів значно залежить від показника заломлення антивідбивного покриття, що пов'язано зі зменшенням втрат світла в покритті через відбивання та збільшенні кількості фотонів, які проникли в активний шар сонячного елемента. Наступним кроком було дослідження гетероструктури CdS/CdTe з антивідбивними покриттям, які було вибрано як найперспективніші згідно досліджень вітчизняних та закордонних вчених. Встановлено, що ефективність сонячного елемента збільшується у випадках використання матеріалів з меншим показником заломлення (табл. 1), дана залежність представлена на рис. 2.

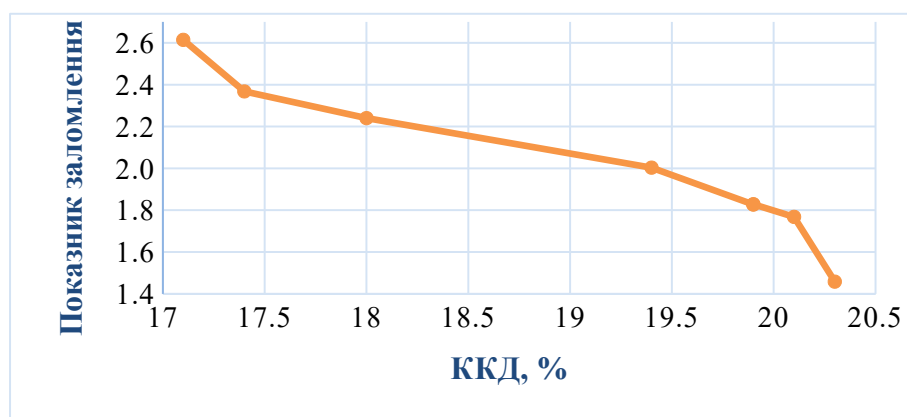


Рис. 2. Залежність ККД ФЕП на основі гетероструктури CdS/CdTe від показника заломлення антивідбивного покриття

Таким чином, найвищий ККД досягається при використанні покриття SiO_2 , а найменший – для TiO_2 . Однак для всіх покриттів товщина становила 100 нм, а, як відомо, ефективність сонячних елементів може змінюватися залежно від товщини антивідбивного покриття. Для знаходження оптимальної товщини TiO_2 було проведено моделювання для значень товщини покриття в межах 10-100 нм (рис. 3).

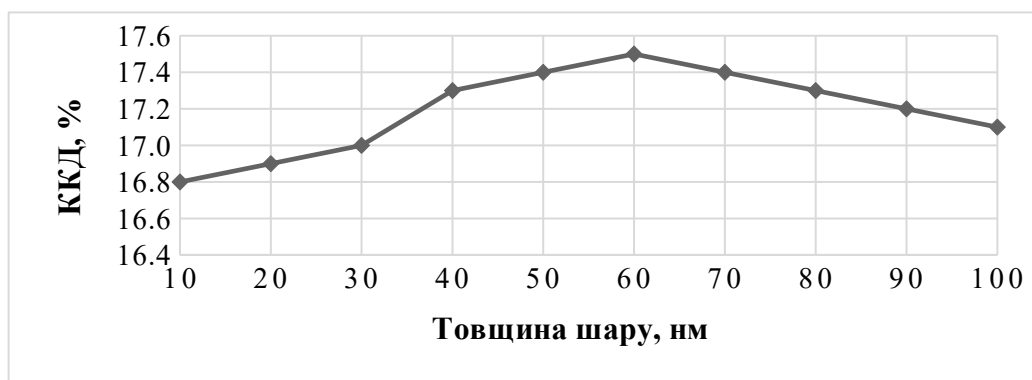


Рис. 3. Залежність ККД ФЕП на основі гетероструктури CdS/CdTe від товщини антивідбивного шару TiO_2

Встановлено, що ККД сонячного елемента $\text{TiO}_2/\text{CdS}/\text{CdTe}$ в заданих межах товщин покриття змінюється на 0,7%, тобто зменшення товщини антивідбивного покриття допомагає знизити втрати світла через відбивання від поверхні сонячного елемента за рахунок збільшення кількості фотонів, які досягають активного шару сонячного елемента. Найбільше значення ККД (17,5%) досягається при товщині TiO_2 рівній 60 нм.

Таким чином, у статті наведено результати моделювання та оптимізації сонячних елементів CdS/CdTe без та з одношаровими антивідбивними покриттями. ККД сонячного елемента CdS/CdTe без антивідбивного покриття становить 18,7%, а з покриттям може досягати 20%. Найвищий ККД досягається при використанні покриття SiO_2 , а найменший – для TiO_2 , найбільше значення

ККД (17,5%) досягається при товщині TiO_2 рівній 60 нм. Результати дослідження вказують на важливість оптимізації товщини антивідбивного покриття для підвищення ефективності сонячних елементів на основі гетероструктури CdS/CdTe та можуть служити основою для подальших досліджень у цьому напрямку та сприяти розвитку більш ефективних сонячних елементів.

Список використаних джерел

1. Dyadenchuk A. F., Kidalov V. V. Films CdS Grown on porous Si Substrate. *Journal of Nano- and Electronic Physics*. 2018. Vol. 10(1). P. 01007-1-01007-4.
2. Nykyruy L. I., Yavorskyi R. S., Zapukhlyak Z. R., Wisz G., Potera P. Evaluation of CdS/CdTe thin film solar cells: SCAPS thickness simulation and analysis of optical properties. *Optical Materials*. 2019. V. 92. P. 319-329.
3. Tsuji M., Aramoto T., Ohyama H., Hibino T., Omura K. Characterization of CdS thin-film in high efficient CdS/CdTe solar cells. *Japanese Journal of Applied Physics*. 2000. V. 39(7R). P. 3902.
4. Morales-Acevedo A. Thin film CdS/CdTe solar cells: research perspectives. *Solar Energy*. 2006. V. 80(6). P. 675-681.
5. Dyadenchuk A. F., Oleksenko R. I. Simulation photoconverters of porous-Si/Si with different anti-reflective coatings. *International Journal of Mathematics & Physics*. 2023. V. 14(2). P. 89-94.
6. Belarbi M., Benyoucef A., Benyoucef B. Simulation of the solar cells with PC1D, application to cells based on silicon. *Advanced Energy: An International Journal (AEIJ)*. 2014. V. 1(3). P. 1-10.
7. Dyadenchuk A. Modeling of Photovoltaic Characteristics of a TiO_2 /Porous-Si/Si-Based Heterojunction Solar Cell. *Nano Hybrids and Composites*. 2024. V. 43. P. 13-22.
8. Malitson I. H. Interspecimen comparison of the refractive index of fused silica. *J. Opt. Soc. Am.* 1965. V. 55. P. 1205-1208
9. Bond W. L. Measurement of the refractive indices of several crystals, *J. Appl. Phys.* 1965. V. 36. P. 1674-1677.
10. König T. A. F., Ledin P. A., Kerszulis J., Mahmoud M. A., El-Sayed M. A., Reynolds J. R., Tsukruk V. V. Electrically tunable plasmonic behavior of nanocube-polymer nanomaterials induced by a redox-active electrochromic polymer. *ACS Nano*. 2014. V. 8. P. 6182-6192.
11. Devore J. R. Refractive indices of rutile and sphalerite. *J. Opt. Soc. Am.* 1951. V. 41. P. 416-419.
12. Debenham M. Refractive indices of zinc sulfide in the 0.405-13- μm wavelength range. *Appl. Opt.* 1984. V. 23. P. 2238-2239.

13. Treharne R. E., Seymour-Pierce A., Durose K., Hutchings K., Roncallo S., Lane D. Optical design and fabrication of fully sputtered CdTe/CdS solar cells. *J. Phys: Conf. Ser.* 2011. V. 286. P. 012038.
14. Ameer S. B., Barhoumi A., Mimouni R., Duponchel B., Leroy G., Amlouk M., Guermazi H. Physical investigations on undoped and Fluorine doped SnO₂ nanofilms on flexible substrate along with wettability and photocatalytic activity tests. *Materials Science in Semiconductor Processing*. 2017. V. 61. P. 17-26.
15. Malitson I. H., Dodge M. J. Refractive Index and Birefringence of Synthetic Sapphire. *J. Opt. Soc. Am.* 1972. V. 62. P. 1405.

Наукове видання

МАТЕРІАЛИ

**V МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ**

**РОЗВИТОК СУЧАСНОЇ НАУКИ ТА ОСВІТИ:
РЕАЛІЇ, ПРОБЛЕМИ ЯКОСТІ, ІННОВАЦІЇ**

(м. Запоріжжя, 29-31 травня 2024 р.)

Відповідальний за випуск: Н. А. Дьоміна
Дизайн і верстка: А. Ф. Дяденчук, А. А. Іванченко

Адреси для листування:
69006, Україна, Запорізька обл., м. Запоріжжя, пр. Соборний, 226
E-mail: vmf@tsatu.edu.ua
Сайт конференції: <https://sites.google.com/tsatu.edu.ua/mvfconf>