

**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

|                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Микола Шут, Тарас Січка, Людмила Благодаренко.</b> Впровадження результатів досліджень властивостей полімерних композитів в освітній процес з фізики.....<br>.....                                                                                                       | 13 |
| <b>Олексій Капустян, Юлія Федоренко, Дмитро Безущак.</b> Граничні множини імпульсних нескінченновимірних динамічних систем.....                                                                                                                                             | 20 |
| <b>Олександр Станжицький, Вікторія Цань.</b> Дослідження дисипативності систем динамічних рівнянь на часових шкалах з малою функцією зернистості.....<br>.....                                                                                                              | 24 |
| <b>Ніна Касімова.</b> 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) .....<br>..... | 29 |
| <b>Фарход Асроров, Олег Перегуда.</b> Інтегральні множини розривних динамічних систем.....<br>.....                                                                                                                                                                         | 33 |
| <b>Віктор Сорич, Ніна Сорич.</b> Нові можливості знаходження верхніх меж найкращих наближень.....<br>.....                                                                                                                                                                  | 38 |
| <b>Кирило Бондаренко, Ольга Кічмаренко.</b> Наближений розв'язок задачі оптимального керування для рівняння з похідною хукухари зі швидкоколивними коефіцієнтами на скінченному інтервалі.....                                                                              | 43 |
| <b>Grygoriy Petryna, Andrii Stanzhytskyi.</b> On the Approximation of Stochastic Systems with Delay.....<br>.....                                                                                                                                                           | 49 |
| <b>Оксана Федунік -Яремчук.</b> Колмогоровські поперечники класів                                                                                                                                                                                                           | 51 |

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

## СЕКЦІЯ 2.

### ІННОВАЦІЇ ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ НАУК

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

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

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

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

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

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

|                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Регіна Андрюкайтене, Каріна Олексенко, Альона Дяденчук.</b> Інтеграція штучного інтелекту в освітній процес: переваги та етичні аспекти..... | 206 |
| <b>Ольга Гулай, Микола Матич.</b> Можливості використання CHATGPT і GEMINI в освітньому процесі.....                                            | 211 |
| <b>Володимир Кувачов, Анастасія Коноваленко.</b> 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 Шамралюк.** 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.....                                                                         |     |
| .....                                                                                                             |     |
| <b>Денис Шалатов.</b> Розвиток продуктивного мислення із застосуванням фокус-прикладу з фізики.....               | 275 |
| <b>Ігор Жабровець.</b> Основні тенденції впровадження концепції STEM у освітньому процесі.....                    | 280 |
| .....                                                                                                             |     |
| <b>Данило Гончаров.</b> Штучний інтелект в освіті.....                                                            | 284 |
| .....                                                                                                             |     |
| <b>Дар'я Кузнєцова.</b> Реалізація дидактичного принципу виховання здорової особистості на уроках математики..... | 287 |
| .....                                                                                                             |     |

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

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

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

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

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

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

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

## СЕКЦІЯ 2.

### ІННОВАЦІЇ ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ НАУК

УДК 539.219.3

**Chichek Abbasova**, Institute of Radiation Problems  
of the Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

**Юрій Бачеріков**, доктор фізико-математичних наук,  
провідний науковий співробітник, Інститут фізики напівпровідників  
ім. В. Є. Лашкарьова НАН України, м. Київ, Україна

**Ольга Охріменко**, доктор фізико-математичних наук,  
провідний науковий співробітник, Інститут фізики напівпровідників  
ім. В. Є. Лашкарьова НАН України, м. Київ, Україна

**Валерій Кідалов**, доктор фізико-математичних наук,  
професор кафедри вищої математики і фізики,  
Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

**Володимир Батурін**, кандидат фізико-математичних наук,  
старший науковий співробітник, завідувач лабораторії  
прискорювачів прямої дії та іонної імплантації і  
модифікації реакторних матеріалів,

Інститут прикладної фізики НАН України, м. Суми, Україна

**Олександр Карпенко**, молодший науковий співробітник,  
Інститут прикладної фізики НАН України, м. Суми, Україна

**Альона Дяденчук**, кандидат технічних наук,  
доцент, доцент кафедри вищої математики і фізики,  
Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

**Олександр Коломис**, кандидат технічних наук, старший  
науковий співробітник лабораторії субмікронної оптичної  
спектроскопії, Інститут фізики напівпровідників  
ім. В. Є. Лашкарьова НАН України, м. Київ, Україна

**Віктор Стрельчук**, доктор фізико-математичних наук, професор  
лабораторії субмікронної оптичної спектроскопії,  
Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова  
НАН України, м. Київ, Україна

**Зоя Максименко**, кандидат фізико-математичних наук,  
науковий співробітник, Інститут фізики напівпровідників  
ім. В. Є. Лашкарьова НАН України, м. Київ, Україна

**Валентина Пономаренко**, науковий співробітник,  
Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова  
НАН України, м. Київ, Україна

## ФОРМУВАННЯ ПЛІВОК ZnO НА ПІДКЛАДКАХ SiC/porous-Si/Si

**Анотація.** У статті наведено спосіб отримання плівок ZnO на підкладках SiC/porous-Si/Si методом реактивного магнетронного розпилення. Плівка карбіду кремнію на поверхні поруватого Si була отримана за допомогою методу хімічного заміщення атомів. Показано, що плівки ZnO, вирощені при парціальному тиску кисню 0,6 Па, характеризуються більш гладкою та рівномірною поверхнею, ніж покриття, вирощені при тиску кисню 0,1 Па. На основі аналізу спектрів КРС та фотолюмінесценції було показано, що збільшення парціального тиску кисню призводить до збільшення структурної невідповідності кристалічної решітки ZnO, з одного боку, і водночас до зменшення концентрації власних дефектів, у тому числі іонізованих кисневих вакансій  $O_i$ , з іншого боку.

**Ключові слова:** . реактивне магнетронне розпилення, поруватий Si, плівка карбіду кремнію, хімічне заміщення атомів, спектри комбінаційного розсіювання та фотолюмінесценції.

**Abstract.** The article describes the method of obtaining ZnO films on SiC/porous-Si/Si substrates by reactive magnetron sputtering. The film of silicon carbide on the surface of porous Si was obtained by chemical substitution of atoms. It is shown that ZnO films grown at an oxygen partial pressure of 0.6 Pa are characterized by a smoother and more uniform surface than coatings grown at an oxygen pressure of 0.1 Pa. Based on the analysis of Raman and photoluminescence spectra, it was shown that an increase in the partial pressure of oxygen leads to an increase in the structural disorder of the ZnO crystal lattice, on the one hand, and at the same time to a decrease in the concentration of intrinsic defects, including ionized oxygen vacancies  $O_i$ , on the other hand.

**Keywords:** reactive magnetron sputtering, porous Si, silicon carbide film, chemical substitution of atoms, Raman scattering and photoluminescence spectra.

**Актуальність дослідження.** Оксид цинку (ZnO) є одним із найпривабливіших матеріалів для використання в оптоелектронних пристроях завдяки широкій забороненій зоні (3,37 eV) і високій енергії зв'язку екситонів (60 meV) [1–3]. Зокрема, ZnO розглядається як матеріал-кандидат для використання в оптоелектронних пристроях, таких як ультрафіолетові (УФ) або сині світлодіоди (LED) і лазерні діоди (LD) [4–6]. Однак високоякісні монокристалічні плівки ZnO

повинні використовуватися для виробництва високоефективних світлодіодів. Оскільки монокристалічні пластини ZnO занадто дорогі, більшість плівок ZnO виготовляють методом гетероепітаксії на чужорідних підкладках.

Підкладка Si є дуже привабливим матеріалом для гетероепітаксії ZnO не тільки завдяки своїй низькій вартості, але й завдяки подальшій інтеграції отриманих структур у фотоелектричні пристрої. Однак важко отримати високоякісні монокристалічні плівки ZnO на підкладках Si через велику невідповідність ґраток між ZnO, яка досягає приблизно 20%; крім того, кристалічні ґратки цих матеріалів характеризуються різною симетрією [7]. Кремній є кубічним кристалом, а ZnO має гексагональну решітку.

Зазначені вище недоліки можна усунути за допомогою буферного шару з відповідними структурними та тепловими властивостями при виготовленні структури ZnO/Si. Одним з кандидатів є карбід кремнію SiC. Цей напівпровідник привабливий завдяки подібності кристалічних структур із ZnO та малим ґратковим і тепловим розбіжностям, а також високій теплопровідності, чудовим механічним властивостям і гарній хімічній стабільності [8]. Однак комерційна вартість виробництва монокристалічних плівок SiC також дуже висока. Вирішенням цієї проблеми стало створення монокристалічних плівок SiC з низькою щільністю дислокацій на поверхні кремнієвих пластин. Підкладку Si можна успішно використовувати для подальшого зниження вартості виробництва плівок SiC великої площі. Для отримання плівок SiC на монокристалічних кремнієвих підкладках можна використовувати нанопоруватий шар Si, який відіграє роль м'якої підкладки та підлаштовується під структуру плівки SiC, зменшуючи механічні напружки, викликані невідповідністю ґраток SiC та Si [9].

Плівка карбіду кремнію може бути отримана шляхом хімічного заміщення атомів [9, 10], що дозволяє успішно поєднати переваги як карбіду кремнію, так і кремнію, й отримати тонкі плівки монокристалічного SiC на підкладках Si при відносно низьких температурах. процеси (1200...1350 °C), що не потребують великих енергетичних витрат. Особливістю цього методу є те, що плівка карбіду

кремнію формується безпосередньо в приповерхневому об'ємі підкладки та з її матеріалу – кремнію – шляхом заміщення частини атомів Si на C [10].

Ця робота присвячена вивченню властивостей плівок оксиду цинку, отриманих магнетронним напиленням на підкладці SiC/porous-Si/Si.

**Методика експерименту.** Спектри мікрокомбінаційного розсіювання і фотолюмінесценції ZnO записували за допомогою потрійного спектрометра Horiba Jobin Yvon T64000 з конфокальним мікроскопом Olympus BX41 (об'єтив  $\times 50$ , апертура 0,75). Спектри мікрокомбінаційного розсіювання були виміряні в геометрії зворотного розсіювання. Для збудження спектрів КРС використовувалося випромінювання лазера Spectra Physics Excelsior DPSS з довжиною хвилі  $\lambda_{\text{ex}}=532,0$  нм; для збудження спектрів ФЛ використовували випромінювання He–Cd-лазера з довжиною хвилі  $\lambda_{\text{ex}}=325,0$  нм. СЕМ-зображення структур ZnO/SiC/porous-Si/Si були отримані за допомогою скануючого електронного мікроскопа Tescan Mira 3 LMU.

**Результати і обговорення.** У результаті досліджень плівок ZnO, вирощених на підкладці SiC/porous-Si/Si за допомогою магнетронного радіочастотного напилення, було показано, що плівки ZnO, вирощені під тиском кисню 0,6 Па, характеризуються більш гладкою та рівномірною структурою. Встановлено, що отримані плівки ZnO мають товщину, близьку до 1108 нм (при 0,1 Па) і 864 нм (при 0,6 Па).

Було показано, що зі збільшенням парціального тиску кисню збільшується інтенсивність моди  $A_1(\text{LO})$  ( $574 \text{ см}^{-1}$ ) у спектрі КРС структури ZnO/SiC/porous-Si/Si, що свідчить про збільшення структурного розупорядкування стовпчастої структури плівки ZnO. Водночас із зростанням парціального тиску кисню зменшується інтенсивність широкої смуги випромінювання з максимумами при 560, 625 і 700 нм у спектрах ФЛ ZnO/SiC/porous-Si/Si, що свідчить про зменшення концентрації власних дефектів, у тому числі іонізованих кисневих вакансій  $O_i$  [11].

**Висновок.** Таким чином, у роботі визначено значення оптичних та структурних властивостей плівок ZnO в контексті їхнього застосування в оптоелектронних пристроях. Результати досліджень показали, що плівки ZnO, отримані за допомогою магнетронного напилення при певних умовах, мають гладку та рівномірну структуру. Встановлено, що зі збільшенням парціального тиску кисню під час вирощування плівок ZnO збільшується інтенсивність моди  $A_1(LO)$  у спектрі мікрокомбінаційного розсіювання, що свідчить про збільшення структурного розупорядкування. При зростанні парціального тиску кисню спостерігається зменшення інтенсивності широкої смуги випромінювання у спектрах фотолюмінесценції, що свідчить про зменшення концентрації власних дефектів у плівках ZnO. Ці результати вказують на важливість контролю параметрів вирощування плівок ZnO для отримання матеріалу з оптимальними властивостями для оптоелектронних застосувань.

#### Список використаних джерел

1. Mele P. (Ed.). ZnO Thin Films: Properties, Performance and Applications. Nova Science Pub Inc, New York, 2019.
2. Vyas S. A short review on properties and applications of zinc oxide based thin films and devices: ZnO as a promising material for applications in electronics, optoelectronics, biomedical and sensors. *Johnson Matthey Technol. Rev.* 2020. Vol. 64, Issue 2. P. 202–218. <https://doi.org/10.1595/205651320X15694993568524>.
3. Zahoor R., Jalil A., Ilyas S. Z. [et al.]. Optoelectronic and solar cell applications of ZnO nanostructures. *Results in Surfaces and Interfaces*. 2021. Vol. 2. P. 100003. <https://doi.org/10.1016/j.rsurfi.2021.100003>.
4. Roy A., Benhaliliba M. Investigation of ZnO/p-Si heterojunction solar cell: Showcasing experimental and simulation study. *Optik*. 2023. Vol. 274. P. 170557. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2023.170557>.
5. Ilcan S., Gorgun K., Aksoy S. [et al.]. Fabrication of p-Si/n-ZnO:Al heterojunction diode and determination of electrical parameters. *J. Mol. Struct.* 2017. Vol. 1156. P. 675–683. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2017.11.121>.
6. Jangir L. K., Kumari Y. and Kumari P. Zinc oxide-based light-emitting diodes and lasers. In: *Nanostructured Zinc Oxide Synthesis, Properties and Applications, Metal Oxides*. Elsevier, Amsterdam. 2021. P. 351–374. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818900-9.00010-3>.

7. Gupta C. P., Singh A.K., Birla S. [et al.]. Ultraviolet light detection properties of ZnO/AlN/Si heterojunction diodes. *J. Electron. Mater.* 2022. Vol.51. P. 1097–1105. <https://doi.org/10.1007/s11664-021-09374-w>.
8. Kimoto T., Cooper J.A. Fundamentals of Silicon Carbide Technology: Growth, Characterization, Devices and Applications. *Wiley-IEEE Press*. 2014. 400p. <https://doi.org/10.1002/9781118313534>.
9. Kidalov V. V., Kukushkin S. A., A.V. Osipov A. V. [et al.]. Heteroepitaxy growth of SiC on the substrates of porous Si method of substitution of atoms. *J. Nano-Electron. Phys.* 2018. Vol.10. P. 03026. [https://doi.org/10.21272/jnep.10\(3\).03026](https://doi.org/10.21272/jnep.10(3).03026).
10. Kukushkin S. A., Osipov A. V. Drift mechanism of mass transfer on heterogeneous reaction in crystalline silicon substrate. *Phys. B: Cond. Matter*. 2017. Vol. 512. P. 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.physb.2017.02.018>.
11. Kidalov V., Dyadenchuk A., Baturin V., Karpenko O., Kolomys O., Ponomarenko V., Maksimenko Z., Bacherikov Yu., Okhrimenko O. Formation of ZnO films on SiC/porous Si/Si substrates. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics*. 2023. V. 26. P. 140-146. <https://doi.org/10.15407/spqeo26.02.140>.

**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](mailto:vmf@tsatu.edu.ua)  
Сайт конференції: <https://sites.google.com/tsatu.edu.ua/mvfconf>