

ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації
Сливки Анатолія Андрійовича «Вплив структурного розупорядкування на іонно-
транспортні та наномеханічні властивості безлітєвих суперіонних матеріалів для
твердотільних енергетичних пристроїв» на здобуття наукового ступеня
доктора філософії в галузі знань 10 Природничі науки
за спеціальністю 104 - Фізика та астрономія**

15 червня 2026 року

1. Виконання освітньо-наукової програми

Здобувач ступеня доктора філософії, аспірант 4 року денної форми навчання (надалі – Аспірант) Сливка Анатолій Андрійович у повному обсязі виконав індивідуальний навчальний план відповідно до освітньо-наукової програми аспірантури ДВНЗ «Ужгородський національний університет», що повністю відповідає вимогам Національної рамки кваліфікацій та вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23.03.2016 № 261 (зі змінами).

Сливка Анатолій Андрійович в процесі виконання освітньо-наукової програми здобув глибокі ґрунтовні знання за фахом, в повній мірі опанував чітко окреслений програмою обсяг загальнонаукових навичок та компетентностей, необхідних для реалізації послідовного обґрунтованого наукового дослідження, а також пов'язаних із формуванням у Здобувача загальнонаукового світогляду та дотриманням норм професійної етики.

Аспірант у повному обсязі оволодів комплексом необхідних дослідницьких умінь та навичок, зокрема тих, які стосуються планування та формування дизайну дослідження, організації послідовності його виконання та безпосереднього проведення етапів у відповідності до попередньо сформульованих мети та завдання, застосування комплексу методів та технологій, в тому числі і комп'ютерно-інформаційних, необхідних для отримання, структурування, аналітичного опрацювання та синтезу даних, перевірки достовірності отриманих результатів, їх систематизації та категоризації.

Аспірант у повній мірі оволодів необхідними мовними компетентностями для репрезентації результатів власного наукового дослідження англійською мовою в усній та письмовій формах, а також для повного розуміння та глибокого якісно-кількісного аналізу іноземних джерел наукової літератури з подальшою формалізацією отриманих даних.

2. Виконання індивідуального плану наукової роботи (наукова складова освітньо-наукової програми)

Індивідуальний план наукової роботи аспіранта Сливки Анатолія Андрійовича затверджений рішенням вченої ради фізичного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (протокол № 3 від 08 листопада 2022 року).

Науковий керівник – кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник кафедри квантової електроніки фізичного факультету ДВНЗ «УжНУ» Конопльов Олександр Миколайович. Тема дисертаційного дослідження Сливки Анатолія Андрійовича «Дослідження спектрів фото- та електролюмінесценції поверхонь хлориду Na та K модифікованих нановключеннями оксидів металів 1-ої та 2-ої групи» затверджена на засіданні Вченої ради ДВНЗ «Ужгородський національний університет» від 21 листопада 2022 року (протокол №10). Термін виконання роботи: 2022-2026 роки.

На засіданні Вченої ради ДВНЗ «Ужгородський національний університет» від 24 листопада 2025 року (протокол №14) змінено наукового керівника та призначено науковим керівником Біланича Віталія Степановича – кандидата фізико-математичних наук, доцента,

завідувача кафедри прикладної фізики і квантової електроніки фізичного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет».

Тема дисертаційного дослідження Сливки Анатолія Андрійовича уточнена на засіданні Вченої ради ДВНЗ «Ужгородський національний університет» від 24 листопада 2025 року (протокол №14) у такій редакції: «Вплив структурного розупорядкування на іонно-транспортні та наномеханічні властивості безлітєвих суперіонних матеріалів для твердотільних енергетичних пристроїв».

Аспірант Сливка Анатолій Андрійович послідовно виконав усі розділи затвердженого індивідуального плану наукової роботи у чітко встановлені терміни, що було підтверджено результатами обговорення відповідних проміжних, піврічних та річних звітів на засіданнях кафедри та Вченої ради фізичного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет».

Дослідження проведені Аспірантом у чітко визначені терміни згідно затвердженого плану та графіку, в повному обсязі і у відповідності до основних стандартів та норм із застосуванням сучасних комп'ютерно-інформаційних підходів для статистичного аналізу даних.

3. Актуальність теми дослідження

Дисертаційна робота Сливки Анатолія Андрійовича присвячена актуальній та науково значущій проблемі сучасної фізики твердого тіла та матеріалознавства – встановленню фізичних механізмів та кількісних параметрів процесів заряду-розряду у твердотільних електрохімічних комірках на основі безлітєвих суперіонних аргіродитів типу $\text{Ag}_{7-x}(\text{Ge}_{1-x}\text{P}_x)\text{S}_5\text{I}$, а також впливу структурного розупорядкування на іонно-транспортні, наномеханічні параметри та процеси формування властивостей по акумулюванню заряду у таких гетероструктурах для їх застосування у твердотільних енергетичних пристроях.

Суперіонні провідники типу $\text{Ag}_{7-x}(\text{Ge}_{1-x}\text{P}_x)\text{S}_5\text{I}$ поєднують у собі високу іонну провідність при кімнатній температурі, можливість керованого структурного розупорядкування, переважно іонний характер переносу заряду, відсутність літію і проростання дендритів між електродами та хімічну сумісність з халькогенідними електродами. Все це робить дані матеріали перспективною основою для створення безпечних і ефективних твердотільних енергетичних пристроїв. Незважаючи на значний обсяг досліджень, присвячених кристалічній структурі та іонній провідності безлітєвих суперіонних аргіродитів типу $\text{Ag}_{7-x}(\text{Ge}_{1-x}\text{P}_x)\text{S}_5\text{I}$, низка принципово важливих питань залишалася невирішеною. Відсутні експериментальні дані щодо поведінки таких матеріалів у режимах гальваностатичного циклування. Не досліджені кількісні параметри зарядоакумулювальних процесів (характерні часи релаксації, іонна рухливість, ефективна ємність, іонний опір), що унеможливило перехід від опису матеріалу як «суперіонного провідника» до його фізично обґрунтованого використання як функціонального елемента енергетичного пристрою. Залишалася не з'ясованою роль міжфазних процесів на межах електрод-електроліт, зокрема вплив поляризації та оборотного утворення/розкладання фаз типу Ag_2Se на асиметрію процесів заряду і розряду, стабільність електрохімічних характеристик та втрати енергії при циклуванні. Актуальним є аналіз зв'язку між структурним розупорядкуванням суперіонної підґратки та кінетикою зарядо-розрядних процесів, а також впливу дефектної та мікроструктурної неоднорідності керамічних зразків на реальні електрохімічні параметри комірок.

Окремим аспектом актуальності дисертації є дослідження зарядно-розрядних процесів та їх кількісних параметрів у твердотільних електрохімічних комірках на основі безлітєвих суперіонних аргіродитів $\text{Ag}_{7-x}(\text{Ge}_{1-x}\text{P}_x)\text{S}_5\text{I}$, а також встановлення ролі міжфазних процесів і структурного розупорядкування у формуванні їх функціональних характеристик.

4. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота тісно пов'язана з науковими дослідженнями, які проводяться на кафедрі прикладної фізики і квантової електроніки. Зокрема, кафедральною темою «Фізичні властивості та процеси акумулювання заряду в суперіонних матеріалах» (2025 – 2029 рр., науковий керівник Біланич В.С.); держбюджетною темою «ДБ 930 Нові енергоефективні безлітєві гетероструктури для безпечних твердотільних систем накопичення і зберігання енергії» (2026 – 2028 рр., науковий керівник Біланич В.С.).

5. Формулювання наукового завдання (проблеми), нове розв'язання якого отримано в дисертації

У результаті виконання дисертації вперше системно досліджено процеси заряду-розряду у твердотільних електрохімічних комірках на основі безлітєвих суперіонних аргіродитів $\text{Ag}_{7-x}(\text{Ge}_{1-x}\text{P}_x)\text{S}_5\text{I}$, встановлено вплив структурного розупорядкування та міжфазних процесів на їх електрохімічні характеристики, показано переважно іонний характер переносу заряду та визначено основні кінетичні і транспортні параметри, що визначають ефективність таких систем.

6. Наукові положення, розроблені особисто дисертантом та їх новизна

Експериментально встановлено, що зарядно-розрядні процеси в твердотільних електрохімічних гетероструктурах $\text{Ag} \mid \text{Ag}_{7-x}(\text{Ge}_{1-x}\text{P}_x)\text{S}_5\text{I} \mid \text{Se}$ мають виражено асиметричний характер, зумовлений поєднанням суперіонного транспорту іонів Ag^+ у твердому електроліті та міжфазних реакцій на контакті $\text{SE} \mid \text{Se}$ з утворенням і розпадом фази Ag_2Se .

Показано, що кінетика зарядки електрохімічних комірок на основі $\text{Ag}_{7-x}(\text{Ge}_{1-x}\text{P}_x)\text{S}_5\text{I}$ не може бути описана однією релаксаційною стадією і коректно апроксимується суперпозицією експоненціальної та лінійної складових, які відповідають: швидким дифузійно-релаксаційним процесам переносу Ag^+ у об'ємі електроліту; повільним поляризаційним та міжфазним процесам на границях $\text{Ag} \mid \text{SE}$ та $\text{SE} \mid \text{Se}$.

Встановлено кореляцію між хімічним складом твердого електроліту $\text{Ag}_{7-x}(\text{Ge}_{1-x}\text{P}_x)\text{S}_5\text{I}$ та параметрами зарядно-розрядних процесів, зокрема: зі зростанням вмісту фосфору зростає гранична напруга зарядки U_0 та характерний час релаксації τ ; амплітуда швидкої експоненціальної складової зменшується; параметр лінійної складової k має немонотонну залежність з максимумом при $x \approx 0.5$, що відповідає максимальному структурному безпорядку.

На основі аналізу характерних часів релаксації зарядних кривих визначені ефективні коефіцієнти дифузії, рухливість і концентрація мобільних іонів Ag^+ у кераміках $\text{Ag}_{7-x}(\text{Ge}_{1-x}\text{P}_x)\text{S}_5\text{I}$, що узгоджуються з: високими значеннями іонної провідності, трансперенс-числами $t_{\text{ion}} \approx 0.994\text{--}0.999$, які підтверджують значний іонний характер переносу.

Показано, що процес розрядки електрохімічних комірок $\text{Ag} \mid \text{Ag}_{7-x}(\text{Ge}_{1-x}\text{P}_x)\text{S}_5\text{I} \mid \text{Se}$ має переважно експоненціальний характер і відбувається швидше за зарядку, що свідчить про: зняття міжфазної поляризації, зворотний розпад Ag_2Se , часткову втрату накопиченого заряду внаслідок необоротних міжфазних процесів.

7. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, забезпечується:

- системним підходом до дослідження проблеми, який поєднує структурні, електрохімічні та наномеханічні методи аналізу безлітєвих суперіонних матеріалів, що дозволило встановити причинно-наслідкові зв'язки між ступенем структурного розупорядкування, параметрами кристалічної ґратки, локальною дефектною структурою та іонною провідністю;
- використанням комплексу сучасних експериментальних методів, зокрема рентгенофазового аналізу (XRD) для визначення фазового складу та параметрів елементарної комірки, імпедансної спектроскопії для оцінки об'ємної та міжзеренної іонної провідності,

гальваностатичних зарядо-розрядних вимірювань для аналізу електрохімічної стабільності, атомно-силової мікроскопії та наноіндентування для визначення наномеханічних характеристик, спектроскопічних методів для дослідження локального хімічного оточення;

- методичною коректністю проведення експериментів, що включає багаторазове повторення вимірювань, статистичну обробку результатів, оцінку похибок вимірювань, використання атестованого обладнання та каліброваних вимірювальних систем;
- узгодженістю отриманих результатів між різними методами дослідження, в результаті чого були встановлені закономірності зміни іонної провідності зі зростанням ступеня структурного розупорядкування, що підтверджуються як електрохімічними вимірюваннями, так і структурними даними, що свідчить про внутрішню несуперечливість отриманих результатів;
- відповідністю результатів сучасним уявленням фізики твердого тіла та теорії іонного транспорту, зокрема положенням щодо ролі дефектної підсистеми, енергетичних бар'єрів міграції та кореляційного характеру руху іонів у суперіонних провідниках;
- порівнянням із даними інших авторів, що підтверджує відтворюваність виявлених ефектів та коректність інтерпретації експериментальних результатів;
- апробацією результатів досліджень на міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях, а також їх опублікуванням у фахових виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз даних.

Достовірність висновків додатково підтверджується практичною реалізацією отриманих результатів у вигляді лабораторних електрохімічних комірок та прототипів гетероструктур для твердотільних енергетичних пристроїв, що продемонстрували стабільні іонно-транспортні характеристики.

Наукові положення, висновки та рекомендації, що виносяться на захист, є теоретично обґрунтованими, експериментально підтвердженими та відповідають сучасному рівню розвитку науки у галузі фізики твердого тіла та матеріалознавства суперіонних провідників.

8. Наукове та практичне значення дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота спрямована на вирішення актуальної науково-технічної проблеми – встановлення фізичних закономірностей впливу структурного розупорядкування на іонно-транспортні та наномеханічні властивості безлітєвих суперіонних матеріалів та обґрунтування можливостей їх застосування у безпечних твердотільних енергетичних пристроях.

У роботі отримано нові експериментальні та узагальнюючі результати щодо механізмів іонної провідності в кристалічних та частково розупорядкованих гетероструктурах на основі аргіродитоподібних сполук, встановлено кореляції між параметрами кристалічної структури, дефектною підсистемою та енергетичними бар'єрами міграції іонів. Це створює наукове підґрунтя для керованого формування функціональних характеристик матеріалів для твердотільних систем накопичення та зберігання енергії.

Практична спрямованість роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для розробки нових безпечних, енергоефективних, безлітєвих твердотільних електрохімічних комірок та гетероструктур з прогнозованими експлуатаційними характеристиками.

Теоретичне значення роботи полягає у:

- встановленні фізичних закономірностей впливу ступеня структурного розупорядкування на параметри іонного транспорту у суперіонних матеріалах аргіродитного типу;
- розвитку уявлень про роль дефектної підсистеми, часткової заміщеності кристалографічних позицій та локальної структурної неоднорідності у формуванні енергетичного профілю міграції рухомих іонів;
- кількісному описі взаємозв'язку між структурними параметрами (параметр ґратки, ступінь заповнення позицій, локальна симетрія) та величинами об'ємної і міжзеренної іонної провідності;

- поглибленні теоретичних підходів до аналізу кореляційного характеру руху іонів у твердих електролітах з урахуванням структурного розупорядкування;
- розширенні наукових уявлень про взаємозв'язок між іонною провідністю та наномеханічними характеристиками матеріалів, що є важливим для забезпечення механічної стабільності твердотілих електрохімічних систем.

Отримані результати розвивають фізику твердого тіла та матеріалознавство функціональних іонно-провідних матеріалів і можуть бути використані для подальшого моделювання процесів перенесення заряду в складних кристалічних системах.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у:

- обґрунтуванні принципів керування іонною провідністю безлітєвих суперіонних матеріалів шляхом контрольованого структурного розупорядкування;
- розробці рекомендацій щодо оптимального складу та структурного стану матеріалів для досягнення підвищених значень іонної провідності при збереженні механічної стабільності;
- створенні та дослідженні лабораторних електрохімічних комірок і гетероструктур, придатних для використання у безпечних твердотілих системах накопичення та зберігання енергії
- формуванні експериментальної та методичної бази для подальших прикладних досліджень і дослідно-конструкторських робіт у галузі твердотілової енергетики;
- можливості впровадження результатів у науково-дослідні та освітні програми з прикладної фізики, матеріалознавства та електрохімії.

Результати дисертаційної роботи можуть бути використані:

- у наукових дослідженнях, спрямованих на створення нових твердих електролітів та гетероструктур для твердотілих акумуляторів і інших електрохімічних пристроїв;
- при розробці безпечних безлітєвих систем накопичення та зберігання енергії;
- у навчальному процесі закладів вищої освіти при викладанні дисциплін «Фізика твердого тіла», «Суперіонні провідники», «Матеріалознавство функціональних матеріалів», «Твердотіла електрохімія»;
- при підготовці бакалаврських, магістерських та докторських робіт;
- у формуванні нових наукових проектів у галузі безпечної та чистої енергетики.

Окремі результати впроваджені у науково-дослідну діяльність кафедри та використовуються при виконанні держбюджетних і міжнародних проектів у галузі твердотілих енергетичних систем.

9. Оцінка мови та стилю

Дисертаційна робота викладена державною мовою з дотриманням вимог чинного правопису, наукової термінології та нормативних стандартів оформлення наукових праць. Текст роботи характеризується логічною послідовністю викладення матеріалу, чіткою структурованістю та внутрішньою узгодженістю розділів.

Стиль викладу є науковим, аргументованим та об'єктивним. Формулювання положень, висновків і рекомендацій є коректними, точними та відповідають змісту проведених досліджень. Використана спеціальна термінологія відповідає сучасному рівню розвитку фізики твердого тіла, матеріалознавства та електрохімії, а також застосовується послідовно протягом усього тексту.

Таблиці, рисунки та формули оформлені відповідно до встановлених вимог, мають належні пояснення та органічно інтегровані у текст. Посилання на літературні джерела здійснено коректно, з дотриманням академічної доброчесності.

10. Відповідність діючим вимогам щодо оформлення дисертації

Дисертаційна робота Сливки Анатолія Андрійовича загалом оформлена відповідно до чинних нормативних вимог, зокрема до Наказу Міністерства освіти і науки України «Про затвердження Вимог до оформлення дисертацій» № 40 від 12.01.2017 р. (зі змінами та

доповненнями). Структура роботи (вступ, огляд літератури, експериментальна частина, результати та їх обговорення, висновки, список використаних джерел, додатки) відповідає встановленим вимогам. Нумерація розділів, таблиць, рисунків і формул виконана послідовно, ілюстративний матеріал має відповідні підписи та посилання в тексті. Зокрема: чітко представлений графічний матеріал, який відображає результати досліджень у циклічному потенціостатичному режимі; список публікацій дисертаційної роботи оформлений відповідно до абзацу 5 пункту 11 «Вимог до оформлення дисертації»; уніфікований стиль оформлення джерел; коректно подані вихідні дані (прізвища авторів, назви журналів, томи, сторінки, DOI тощо).

11. Відповідність змісту дисертації спеціальності, з якої вона подається до захисту

Зміст дисертаційної роботи Сливки Анатолія Андрійовича повністю відповідає спеціальності «104 – Фізика та астрономія», з якої вона подається до захисту, та охоплює її фундаментальні й прикладні напрями, пов'язані з дослідженням фізичних процесів у конденсованих середовищах.

Тематика дисертації присвячена встановленню фізичних закономірностей впливу структурного розпорядкування на іонно-транспортні та наномеханічні властивості безлітєвих суперіонних матеріалів. У роботі досліджуються: особливості кристалічної структури та дефектної підсистеми твердих тіл; механізми іонної провідності в суперіонних матеріалах; енергетичні бар'єри міграції іонів та їх кореляційний рух; взаємозв'язок між структурними параметрами та електрофізичними характеристиками; фізичні основи стабільності твердотільних електрохімічних систем. Предмет дослідження безпосередньо належить до галузі фізики твердого тіла – одного з базових напрямів спеціальності 104. Робота має чітко виражений фізичний характер, оскільки спрямована на з'ясування фундаментальних механізмів перенесення заряду в конденсованих середовищах, встановлення закономірностей впливу структурних факторів на кінетику іонного транспорту та визначення ролі дефектної структури у формуванні електрофізичних властивостей матеріалів.

У дисертації використано методи, характерні для фізичних досліджень: структурний аналіз, аналіз вольт-амперних характеристик, дослідження наномеханічних параметрів, математичну обробку та фізичну інтерпретацію експериментальних даних. Отримані результати мають теоретичне узагальнення та спрямовані на розвиток сучасних уявлень фізики конденсованого стану речовини. Об'єкт і предмет дослідження, використані методи та отримані наукові результати повністю відповідають спеціальності 104 – Фізика та астрономія, а дисертаційна робота виконана в межах її предметної області та спрямована на розвиток фундаментальних і прикладних аспектів фізики твердого тіла.

12. Зауваження та рекомендації

В ході написання дисертаційної роботи Аспірантом були враховані рекомендації надані науково-педагогічними працівниками кафедри прикладної фізики і квантової електроніки ДВНЗ «Ужгородський національний університет» в процесі попередніх обговорень роботи.

Враховуючи високий рівень теоретичного підґрунтя і теоретичного аналізу, методологічного аналізу, дисертаційна робота Сливки Анатолія Андрійовича повністю відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і Науки України «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» № 40 від 12.01.2017 р. (зі змінами та доповненнями). Дисертаційна робота може вважатися такою, що повністю відповідає діючим вимогам щодо оформлення дисертацій.

13. Відповідність дисертації вимогам, передбаченим Наказом Міністерства освіти і Науки України «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» № 40 від 12.01.2017р. (зі змінами та доповненнями)

Дисертаційна робота Сливки Анатолія Андрійовича на тему: «Вплив структурного розупорядкування на іонно-транспортні та наномеханічні властивості безлітєвих суперіонних матеріалів для твердотільних енергетичних пристроїв» повністю відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і Науки України «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» № 40 від 12.01.2017 р. (зі змінами та доповненнями).

14. Кількість наукових публікацій, повнота опублікування результатів дисертації та особистий внесок здобувача до всіх наукових публікацій, опублікованих співавторами та зарахованих за темою дисертації.

Основні наукові результати дисертаційної роботи висвітлені у публікаціях та розкривають її основний зміст. Основні положення дисертації, які є особистим доробком автора, викладено у 10 наукових працях, з яких: 2 статті у науковому фаховому виданні України, 2 статті у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базі даних Scopus, віднесеному до четвертого квартилю (Q4, українське видання), 6 праць апробаційного характеру.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Slyvka A.A., Bilanych V.S. Size effects of nanohardness in superionic crystals $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}(\text{Br})$. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Хімія»*. 2025; №2 (54): 43-54.

(Наукове фахове видання України)

DOI: <https://doi.org/10.24144/2414-0260.2025.2.43-54>

ISSN: 2414-0260

Ключові слова: superionic crystals; hardness; Young's modulus; nanoindentation; strain gradient plasticity theory.

Вклад авторів: Slyvka A.A. – методологія, дослідження, валідація, обробка даних, формальний аналіз, написання; Bilanych V.S. – концептуалізація, методологія, керівництво написання.

2. Bilanych V.S., Slyvka A.A., Vorobiov S.I., Pogodin A.I., Malakhovska T.O., Mohylyuk I.M., Komanicky V. Charge-discharge processes in solid electrolyte heterostructures $\text{Ag}_{7-x}(\text{Ge}_{1-x}\text{P}_x)\text{S}_5\text{I}$ for electrochemical energy devices. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*. 2026; V. 29, No 1: 066-079.

DOI: <https://doi.org/10.15407/spqeo29.01.066>

ISSN: 1560-8034 (1605-6582 (On-line))

(Scopus, Q4, українське видання)

Ключові слова: superionic conductors, argyrodite structure, $\text{Ag}_{7-x}(\text{Ge}_{1-x}\text{P}_x)\text{S}_5\text{I}$, solid electrolyte heterostructures, Ag^+ ion diffusion, charge-discharge processes, interfacial polarization, solid-state electrochemical devices.

Вклад авторів: Bilanych V.S. – концептуалізація, методологія, валідація, керівництво, написання – оригінальна чернетка; Slyvka A.A. – дослідження, валідація, курування даних; Vorobiov S.I. – методологія, керівництво, дослідження, валідація; Pogodin A.I. – концептуалізація, методологія, ресурси; Malakhovska T.O. – методологія, формальний аналіз, аналіз даних, валідація, дослідження, формальний аналіз; Mohylyuk I.M. – аналіз даних, дослідження; Komanicky V. – концептуалізація, методологія, формальний аналіз, валідація, написання – рецензування та редагування.

3. Slyvka A.A., Bilanych V.S. Ionic transport and mechanical properties of $\text{Ag}_{7-x}(\text{Ge}_{1-x}\text{P}_x)\text{S}_5\text{I}$ superionic ceramics. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Хімія»*. 2026; №1 (55): 16-26.

(Наукове фахове видання України)

DOI: <https://doi.org/10.24144/2414-0260.2026.2.16-26>

ISSN: 2414-0260

Ключові слова: superionic ceramics, ionic transport, $\text{Ag}_{7-x}(\text{Ge}_{1-x}\text{P}_x)\text{S}_5\text{I}$, charge-discharge processes, cyclic voltammetry, chronoamperometry, nanoindentation, structural disorder, solid-state electrolytes.

Вклад авторів: Slyvka A.A. – методологія, дослідження, валідація, обробка даних, формальний аналіз, написання; Bilanych V.S. – концептуалізація, методологія, керівництво написання.

4. 4. Bilanych V.S., Slyvka A.A., Vorobiov S.I., Pogodin A.I., Malakhovska T.O., Mohylyuk I. M., Komanicky V. Temperature-dependent charge accumulation and current-voltage characteristics of $\text{Ag}_{7-x}(\text{P}_x\text{Ge}_{1-x})\text{S}_5\text{I}$ superionic heterostructures for solid-state energy devices. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*. 2026; V. 29, No 2: 191-202.

DOI: <https://doi.org/10.15407/spqeo29.02.191>

ISSN: 1560-8034 (1605-6582 (On-line))

(Scopus, Q4, українське видання)

Ключові слова: superionic conductors, argyrodite structure, $\text{Ag}_{7-x}(\text{P}_x\text{Ge}_{1-x})\text{S}_5\text{I}$, solid electrolyte heterostructures, charge-discharge processes, interfacial polarization, solid-state electrochemical devices.

Вклад авторів: Bilanych V.S. – концептуалізація, методологія, валідація, керівництво, написання – оригінальна чернетка; Slyvka A.A. – дослідження, валідація, курування даних; Vorobiov S.I. – методологія, керівництво, дослідження, валідація; Pogodin A.I. – методологія, керівництво, ресурси; Malakhovska T.O. – методологія, формальний аналіз, аналіз даних, валідація, дослідження, формальний аналіз; Mohylyuk I.M. – дослідження, формальний аналіз; Komanicky V. – концептуалізація, методологія, формальний аналіз, валідація, написання – рецензування та редагування.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Брандіс Й.Й., Сливка А.А., Минка А.А., Конопльов О.М. Дослідження спектрів електрон-фотонної емісії поверхонь монокристалу хлориду натрію модифікованих напиленням наноплівки оксидів міді і цинку. Матеріали міжнародної конференції молодих учених та аспірантів «ІЕФ-2023». 15-18 травня Ужгород, Україна, 2023. с.103-105. ISBN 978-617-8127-16-9

URL:http://www.iep.org.ua/content/conferenc/iep_2023/files/Book_of_abstracts_iep2023.pdf

2. Брандіс Й.Й., Конопльов О.М., Сливка А.А. Дослідження спектрів електрон-фотонної емісії наноструктурованих сріблом поверхонь лужногалогідних кристалів (NaCl , KCl , KBr). Збірник наукових праць міжнародної конференції «Резонансні явища в атомних системах» (до 85-річчя академіка НАН України Отто Шпеніка), Ужгород, Україна, 19-21 вересня, 2023. с.198-200. ISBN 978-617-8127-27-5

URL:http://www.iep.org.ua/content/conferenc/shpenik_85/files/Scientific_papers_Shpenik85.pdf

3. Конопльов О.М., Шевера І.В., Брандіс Й.Й., Сливка А.А., Чорій М.І. Особливості характеристик електрон-фотонної емісії поверхонь кристалу NaCl модифікованих наночастинками Ag з розчину гліцерину та з напиленою наноплівкою Ag . Book of abstracts. The 9th International scientific and practical conference "Modern problems of science, education and society". November 6-8, Kyiv, Ukraine, 2023. p. 465-471. ISBN 978-966-8219-87-0

URL:<https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2023/11/MODERN-PROBLEMS-OF-SCIENCE-EDUCATION-AND-SOCIETY-6-8.11.23.pdf>

4. Сливка А.А., Конопльов О.М. Спектри електрон-фотонної емісії з поверхонь лужногалогідних кристалів KCl , NaCl і KBr , модифікованих наночастинками та наноплівками металів Cu і Ag . Матеріали міжнародної конференції молодих учених та аспірантів ІЕФ-2025. Ужгород, Україна, 20-23 травня, 2025. с.109-111. ISBN 978-617-8127-59-6.

http://www.iep.org.ua/content/conferenc/iep_2025/files/Book_of_abstract_IEP-2025.pdf

5. Slyvka A.A., Konoplyov O.M. Study of electron-photon emission spectra of the surfaces of alkali halide crystals NaCl and KCl modified with nanofilms and nanoparticles of Cu and Ag. Abstract Book of participants of the International research and practice conference, «Nanotechnologies and Nanomaterials» (NANO-2025). 20–23 August 2025, Bukovel, 2025. p. 383. ISBN: 978-617-8092-32-0

6. Bilanych V.S., Slyvka A.A., Vorobiov S.I., Pogodin A.I., Malakhovska T.O., Komanicky V. Electrochemical Processes and Evolution of Current–Voltage Characteristics in Solid-State Ag|Ag₂PS₃|Se Heterostructures. XIV International seminar, “Properties of ferroelectric and superionic systems”, Uzhhorod, October 23, 2025. Program and abstracts. Uzhhorod 2025. p. 32-34. <http://seminar.pp.ua/images/Docs/Seminar-Uzhhorod-2025.pdf>

15. Результати перевірки роботи на академічний плагіат

Перевірка дисертаційної роботи проводилася сертифікованою програмою StrikePlagiarism. У ході перевірки дисертації запозичень матеріалу без посилання на відповідне джерело не виявлено. Виявлені за допомогою програми StrikePlagiarism текстові співпадіння (цитування) мають посилання на відповідні першоджерела, внесені до списку використаної літератури. Запозичення (співпадіння) в тексті не мають ознак плагіату. Подані до захисту наукові матеріали є власним напрацюванням Аспіранта, текст дисертації є оригінальним. Робота визнається самостійною та рекомендується бути допущеною до захисту.

Положення дисертації апробовано на засіданні кафедри прикладної фізики і квантової електроніки (протокол № 9 від 15 червня 2026 р.). За результатами засідання ухвалено затвердити позитивний висновок про наукову новизну, теоретичне і практичне значення результатів та рекомендувати до захисту в спеціалізованій вченій раді дисертаційну роботу аспіранта 4 року навчання ДВНЗ «Ужгородський національний університет» Сливки Анатолія Андрійовича на тему: «Вплив структурного розупорядкування на іонно-транспортні та наномеханічні властивості безлітєвих суперіонних матеріалів для твердотільних енергетичних пристроїв» на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 10 Природничі науки, за спеціальністю 104 - Фізика та астрономія.

Головуючий на засіданні

доктор фізико-математичних наук, професор,
професор кафедри прикладної фізики
і квантової електроніки ДВНЗ «УжНУ»



Іван НЕБОЛА

Підпис д.ф.-м.н., проф. Неболи І.
засвідчую
Вчений секретар ДВНЗ «УжНУ»



Олена МЕЛЬНИК