

**Рішення разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії
18.01.2024**

Разова спеціалізована вчена рада Державного вищого навчального закладу «Ужгородський національний університет» Міністерства освіти і науки України, м. Ужгород (утворена згідно з наказом ректора Державного вищого навчального закладу «Ужгородський національний університет» про утворення разової спеціалізованої вченої ради з метою присудження ступеня доктора філософії № 3794/01-14 від 16 листопада 2023 року) прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії Шендер Ірині Олександрівні з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали» на підставі прилюдного захисту дисертації на тему: «Вплив ізовалентного катіонного заміщення на фізичні властивості суперіонних провідників $\text{Ag}_7(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)\text{S}_5\text{I}$ » 18 січня 2024 року.

Шендер Ірина Олександрівна, 1995 року народження, громадянка України. Освіта вища, повна: закінчила з відзнакою в 2019 році Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали». Навчалася в аспірантурі Державного вищого навчального закладу «Ужгородський національний університет» з 01 жовтня 2019 року до 30 вересня 2023 року за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

З 25 січня 2021 року працювала молодшим науковим співробітником науково-дослідної частини ДВНЗ «Ужгородський національний університет» МОН України, м. Ужгород. З 4 лютого 2022 року і до цього часу працює науковим співробітником науково-дослідної частини ДВНЗ «Ужгородський національний університет».

Дисертацію виконано у Державному вищому навчальному закладі «Ужгородський національний університет» Міністерства освіти і науки України, м. Ужгород. За результатами перевірки та аналізу дисертації за допомогою

системи пошуку плагіату «Unicheck» ознак академічного плагіату, самоплагіату виявлено не було (довідка № 3197/01-14 від 30.10.2023).

Науковий керівник – Сусліков Леонід Михайлович, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри прикладної фізики ДВНЗ «Ужгородський національний університет» МОН України.

Здобувачка має 27 наукових публікацій за темою дисертації, з них: 9 статей у наукових журналах (6 входять до наукометричних баз даних Web of Science і Scopus, з них 4 в журналах з квантилем Q2, 1 – Q3 та 1 – Q4) та 3 публікації у наукових фахових виданнях України, апробацію результатів дисертації проведено на конференціях різного рівня (15 матеріалів і тез доповідей).

1. Studenyak I.P., Pogodin A.I., Shender I.A., Filep M.J., Kokhan O.P., Korčanský P. Electrical properties of cation-substituted single crystals. SPQEO. 2021; 24(3):241-7. <https://doi.org/10.15407/spqeo24.03.241>.

2. Погодін А.І., Філеп М.Й., Кохан О.П., Малаховська Т.О., Шендер І.О., Студеняк І.П. Особливості вирощування монокристалів твердих розчинів в системах $\text{Ag}_6\text{PS}_5\text{I}-\text{Ag}_7\text{GeS}_5\text{I}$ та $\text{Ag}_7\text{SiS}_5\text{I}-\text{Ag}_7\text{GeS}_5\text{I}$. Вісник Ужгородського університету. Сер. Хімія. 2021; 45(1):29-34. <https://doi.org/10.24144/2414-0260.2021.1.29-34>.

3. Погодін А.І., Філеп М.Й., Шендер І.О., Кохан О.П., Студеняк І.П. Взаємодія у системах $\text{Ag}_6\text{PS}_5\text{I}-\text{Ag}_7\text{GeS}_5\text{I}$ та $\text{Ag}_7\text{GeS}_5\text{I}-\text{Ag}_7\text{SiS}_5\text{I}$. Вісник Ужгородського університету. Сер. Хімія. 2021; 45(1):42-46. <https://doi.org/10.24144/2414-0260.2021.1.42-46>.

4. Studenyak I.P., Pogodin A.I., Shender I.A., Studenyak V.I., Filep M.J., Symkanych O.I., Kokhan O.P., Kuš P. Electrical properties of ceramics based on $\text{Ag}_7\text{TS}_5\text{I}$ ($\text{T} = \text{Si}, \text{Ge}$) solid electrolytes. J. Solid State Chem. 2022; 309:122961. <https://doi.org/10.1016/j.jssc.2022.122961>.

5. Pogodin A.I., Studenyak I.P., Shender I.A., Pop M.M., Filep M.J., Malakhovska T.O., Kokhan O.P., Korčanský P., Babuka T.Y. Crystal structure, ion transport and optical properties of new high-conductivity $\text{Ag}_7(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)\text{S}_5\text{I}$ solid solutions. J. Mater. Sci. 2022; 57(12):6706-22. <https://doi.org/10.1007/s10853-022-07059-1>.

6. Pogodin A., Malakhovska T., Filep M., Kokhan O., Shender I., Studenyak Y., Zhukova Y. Optical pseudogap of $\text{Ag}_7(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)\text{S}_5\text{I}$ solid solutions. Ukr. J. Phys. Opt. 2022; 23(2):77-85.

<https://doi.org/10.3116/16091833/23/2/77/2022>.

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

ГРАБАР Олександр Олексійович, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри фізики напівпровідників фізичного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (голова разової спеціалізованої вченої ради).

Дав позитивну оцінку, без зауважень.

ГОМОННАЙ Олександр Олександрович, кандидат фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків), доцент, доцент кафедри оптики фізичного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет», рецензент.

Дав позитивну оцінку та висловив здобувачі деякі рекомендації та зауваження:

1. Як стверджує авторка, «У роботі вперше поєднано теоретичні методи дослідження з експериментальними методиками». Зрозуміло, що у роботі поєднуються експериментальні дані та теоретичні розрахунки, однак необхідно уточнити, для яких саме матеріалів це зроблено вперше і для отримання якого масиву даних застосовано теоретичні методи прогнозування фізичних властивостей у межах підходу теорії функціонала густини та як це сприяло оптимізації процесу вибору кращих за характеристиками зразків для подальших досліджень. Можна констатувати, що авторкою невдало сформульовано цей пункт наукової новизни.
2. У науковій новизні зазначено, що вперше проведено дослідження оптичних властивостей монокристалів твердих розчинів, зокрема, визначено край власного поглинання. На нашу думку, тут автору варто було також указати, що в результаті проведених еліпсометричних досліджень визначено дисперсію

показника заломлення й коефіцієнта екстинкції та проведено аналіз отриманих даних, які є важливими фізичними параметрами матеріалів та можуть визначати і області застосування таких об'єктів у пристроях функціональної електроніки.

3. Необхідно було б більш детально розкрити параграф 2.2.3, в якому описуються деталі теоретичних розрахунків параметра стабільності кристалічної структури.

Не дивлячись на висловлені зауваження, відзначив, що вони не є визначальними та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи в цілому, а її авторка Шендер Ірина Олександрівна заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» зі спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

ХАРХАЛІС Любов Юріївна, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри фізики напівпровідників фізичного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет», рецензент.

Дала позитивну оцінку, відзначила, що в загальному, дисертаційна робота складає приємне враження, а авторці роботи вдалось не лише фактично провести експериментальні і теоретичні дослідження, але й узагальнити матеріал по суперіонних сполуках типу $\text{Ag}_7(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)\text{S}_5\text{I}$ як для монокристалів, так і у вигляді порошків і керамік. Як зауваження зазначила таке:

1. У роботі розв'язується така важлива проблема, як структурна перебудова в аргіродитних матеріалах твердих розчинів $\text{Ag}_7(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)\text{S}_5\text{I}$ при катіонному заміщенні $\text{Si}^{4+} \leftrightarrow \text{Ge}^{4+}$ впливає на механізм іонного транспорту, то цікаво було б для порівняння привести інформацію про ті зміни, які можуть проявлятися в їхніх енергетичних спектрах та просторовому розподілі електронної густини і відповідно в хімічному зв'язку. Це підсилило б трактування природи аномально високої провідності у досліджуваних матеріалах.
2. Також, при визначенні кристалічної структури дисертанткою приводиться такий кристалографічний параметр, як «тепловий параметр» U , для якого

відсутнє пояснення його фізичного змісту та його значення як для вихідних сполук $\text{Ag}_7\text{SiS}_5\text{I}$ і $\text{Ag}_7\text{GeS}_5\text{I}$, так і різних складів твердих розчинів $\text{Ag}_7(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)\text{S}_5\text{I}$.

3. Досить багато тексту дисертації присвячено оглядовій частині.

Зазначила, що вказані в рецензії побажання та зауваження носять переважно рекомендаційний характер та не зменшують її теоретичного значення та науково-практичної цінності і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи. Враховуючи високий науковий і методичний рівень дослідження, отримані наукові результати та їх інтерпретацію, фундаментальну та прикладну цінність, зробила висновок, що дисертаційна робота Шендер Ірини Олександрівни на тему: «Вплив ізовалентного катіонного заміщення на фізичні властивості суперіонних провідників $\text{Ag}_7(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)\text{S}_5\text{I}$ » заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 – прикладна фізика та наноматеріали.

СТАДНИК Василь Йосифович, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри загальної фізики Львівського національного університету імені Івана Франка, офіційний опонент.

Дав позитивну оцінку виконаної дисертаційної роботи та зазначив, що водночас робота Шендер Ірини Олександрівни не позбавлена й окремих недоліків, серед яких можна виділити такі:

1. У дисертаційній роботі при аналізі механічних параметрів досліджуваних монокристалічних та керамічних зразків було застосовано апроксимацію експериментальних даних (рис. 4.21, рис. 4.22, рис. 5.13 та рис. 5.14), але не вказано похибки апроксимації.
2. Другий методичний розділ можна було б скоротити, наприклад, методики отримання досліджуваних матеріалів та методики їх дослідження.
3. Варто було б скоротити кількість другорядних формул по тексту дисертації, наприклад, на стор. 58, 70, 71. Також у позначенні рис. 5.8 (стор. 135) замість скорочення мкм наведено міжнародне скорочення μm .

4. Наведено неповний список використаних скорочень, навіть якщо скорочення у роботі зустрічаються 1-2 рази, для зручності було б доцільно їх занести у перелік умовних скорочень та позначень.

Зазначив, що в цілому дисертація є закінченим науковим дослідженням, основні результати роботи є новими та актуальними та науково обґрунтованими, а вказані зауваження не зменшують наукове значення отриманих дисертанткою результатів і не знижують загальну позитивну оцінку цієї роботи, а Ірина Олександрівна Шендер заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

АЖНЮК Юрій Миколайович, доктор фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків), старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу матеріалів функціональної електроніки Інституту електронної фізики НАН України, офіційний опонент.

Надав позитивну оцінку про дисертаційну роботу І.О. Шендер, та відзначив, що попри загалом хорошу якість дисертаційної роботи, вона не позбавлена окремих недоліків, щодо яких можна виділити такі основні зауваження та рекомендації:

1. Відомо, що багато срібловмісних матеріалів відзначаються високою фоточутливістю. Автор не згадує про стабільність характеристик досліджуваних у роботі матеріалів $\text{Ag}_7(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)\text{S}_3\text{I}$ щодо дії світла. Водночас серед ряду методів оптичних досліджень у роботі немає методик, пов'язаних з використанням лазерного випромінювання, зокрема фотолюмінесценції та раманівського розсіювання. Чи робилися спроби таких досліджень і чи не пов'язана відмова від цих методів саме з помітною фоточутливістю досліджуваних матеріалів?
2. Вжите на стор. 23 формулювання «катионне заміщення $\text{Si}^{4+} \leftrightarrow \text{Ge}^{4+}$ в аніонній підґратці» викликає певне нерозуміння і як мінімум вимагає додаткових пояснень. Що мається на увазі під аніонною підґраткою, в якій є

катіони? Тим більше, що буквально у попередньому реченні згадуються «мобільні іони (катіони)» і маються на увазі зовсім не іони Si^{4+} і Ge^{4+} , а іони Ag^+ .

3. Складається враження, що намагання автора уникнути повторюваності та зменшити кількість вживань формули $\text{Ag}_7(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)\text{S}_5\text{I}$ у тексті дисертації в окремих випадках призвело до певних непорозумінь. Наприклад, на стор. 3 дисертації буквально з початку абзацу відзначено: «У цій роботі вперше поєднано теоретичні методи дослідження з експериментальними методиками», причому ніде в тексті цього абзацу не вказано хімічних формул або назви родини матеріалів. Можна здогадатися, що автор мала на увазі вузький контекст, але в написаному вигляді формулювання виглядає надмірно претензійним. Це ж (хоч, можливо, дещо менш явно) стосується і наступного абзацу, який починається реченням «Уперше проведено частотно-температурні дослідження електропровідності досліджуваних зразків та встановлено, що температурні залежності іонної провідності мають лінійний характер і описуються законом Арреніуса, що підтверджує термоактиваційний характер провідності».
4. Автор неодноразово згадує про використання «методу Таука» для визначення псевдоширини забороненої зони при аналізі спектрів поглинання. Очевидно, автор послуговувалась англомовними літературними джерелами і тому перекладає прізвище як Таук, але варто звернути увагу, що насправді Ян Тауц (Jan Tauc) був добре знаним чеським фізиком, і, незважаючи на те, що в 1969 році після радянського вторгнення в тодішню Чехословаччину він емігрував до США, залишився відомий у фізичному світі саме як Тауц (на таку вимову навіть прямо вказує англійська «Вікіпедія»), і тому в українському перекладі його прізвище також прийнято писати як Тауц. Крім того, автору слід бути уважнішим до передачі власних імен, тому що прізвище одного й того ж японського автора Takahashi на стор. 34 спочатку передається у відповідності з

російською перекладною традицією «Такахасі», а буквально в наступному рядку – відповідно до англійської традиції «Такахаші».

5. Дисертацію загалом написано доброю літературною мовою з дотриманням вимог орфографії, пунктуації і стилістики, але все ж у кількох місцях невдалі формулювання або, можливо, навіть друкарські помилки привели до неточностей, які можуть певним чином ускладнити розуміння або навіть спотворити зміст думки автора. Наприклад, «полімергелієві електроліти» (стор. 37) – очевидно, малося на увазі «полімергелеві». Інший приклад: «... у твердих речовинах з тривалентною катіонною провідністю, таких як алюміній і рідкоземельні вольфрамати» (стор. 40) – напевне, слід було очікувати «вольфрамати алюмінію і рідкоземельних елементів». Невдало сформульованою виглядає фраза на стор. 68: «Проведення вимірювань на двопробовому спектрофотометрі Shimadzu UV-2600 з інтегруючою сферою ISR-2600Plus дозволяє чітко спостерігати краї поглинання, де довжина хвилі відбиття зменшується.» Так само незрозуміле речення на стор. 37–38: «Швидка провідність іонів Ag^+ в системі $\text{AgI-Ag}_2\text{SeO}_4$ була випадково синтезована Кунце в 1973 році та ілюструє іонну провідність при дуже високій кімнатній температурі ($\sigma = 2 \text{ См/см}$), відому як перша суперіонна тверда речовина в склоподібній фазі [55]». Можливо, тут просто втрачено якийсь фрагмент тексту при наборі, редагуванні чи макетуванні.

Зазначив, що ці зауваження не є визначальними для загальної оцінки роботи, оригінальність, наукову новизну та практичну цінність якої відзначено вище. В цілому дисертація І. О. Шендер на тему «Вплив ізовалентного катіонного заміщення на фізичні властивості суперіонних провідників $\text{Ag}_7(\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x)\text{S}_5\text{I}$ » є завершеною науковою працею, у якій отримано нові науково обґрунтовані результати. За обсягом дослідження, актуальністю, новизною, науковим та практичним значенням отриманих результатів, змістом та оформленням дисертація повністю відповідає вимогам, встановленим до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Тематика дисертації відповідає заявленій спеціальності, а Ірина Олександрівна Шендер заслуговує на присудження їй

наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

Результати відкритого голосування:

«За»: 5 членів ради,

«Проти»: 0 членів ради,

«Утрималися»: 0 членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада (наказ № 3794/01-14 від 16 листопада 2023 року) присуджує Шендер Ірині Олександрівні ступінь доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

**Голова разової спеціалізованої
вченої ради**



Олександр ГРАБАР