

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

Національного університету

«Львівська політехніка»

д.т.н., проф.

Іван ДЕМИДОВ

«29» 09 2024 р.



ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів
докторської дисертації докторанта, доцента кафедри електронної інженерії
Національного університету «Львівська політехніка»,
кандидата технічних наук,
ІВАНЮК Христини Богданівни
на тему «Фізико-технологічні основи формування органічних та гібридних
світловипромінювальних структур із заданими спектрально-енергетичними
характеристиками» (у вигляді наукової доповіді), представленої на здобуття наукового
ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.27.06 *Технологія, обладнання та виробництво електронної техніки***

Призначені рішенням Вченої ради Національного університету «Львівська політехніка» (протокол № 13 від «25» червня 2024 р.) рецензенти:

- **ІЛЬЧУК Григорій Архипович**, професор кафедри загальної фізики Національного університету «Львівська політехніка», професор;
- **ІВАЩИШИН Федір Олегович**, старший дослідник, професор кафедри прикладної фізики та наноматеріалознавства Національного університету «Львівська політехніка»;
- **ДРУЖИНІН Анатолій Олександрович**, професор кафедри напівпровідникової електроніки Національного університету «Львівська політехніка», професор,

розглянувши докторську дисертацію ІВАНЮК Христини Богданівни «Фізико-технологічні основи формування органічних та гібридних світловипромінювальних структур із заданими спектрально-енергетичними характеристиками» (тему дисертації затверджено «26» червня 2018 р. на засіданні Вченої ради Національного університету «Львівська політехніка», протокол № 45, наукові публікації, в яких висвітлено основні наукові результати, а також за результатами фахового семінару кафедри електронної інженерії Навчально-наукового інституту телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки Національного університету «Львівська політехніка» (протокол № 2 від 9 вересня 2024 р.), підготували висновок про наукову новизну, теоретичне і практичне значення результатів докторської дисертації:

Дисертація ІВАНЮК Христини Богданівни, представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.27.06 Технологія, обладнання та виробництво електронної техніки, є кваліфікаційною науковою працею, підготовленою у вигляді наукової доповіді, характеризується єдністю змісту, відповідає принципам академічної доброчесності, підготовлена здобувачем самостійно. За обсягом, актуальністю, рівнем

наукової новизни та практичної цінності робота відповідає вимогам п. 7–9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 1197 від 17 листопада 2021 року.

1. Актуальність теми дослідження. У сучасних умовах нестабільного функціонування енергетичної системи необхідним є мінімізація енергоспоживання. В даному контексті впровадження новітніх енергоощадних систем освітлення є одним із пріоритетних напрямів державної політики України (Закон України «Про енергетичну ефективність» № 1818-IX від 21.10.2021р. та ст.6. Закону України № 3764-IX від 04.06.2024 р. «Енергетичне планування на місцевому рівні»). На сьогодні в країні на освітлення витрачається близько 30 % всієї генерованої електроенергії. Слід зауважити, що відповідно до директиви найближчих 9 років кожна з 27 країн ЄС щорічно досягає щонайменше 1% економії електроенергії в усіх сферах її споживання. Одним з пріоритетних напрямків енергоощадності є розробка та впровадження новітніх систем освітлення на основі альтернативних вискоефективних джерел випромінювання. Основними критеріями оцінки ефективності джерел світла є чотири основні параметри, а саме: якість кольору, яскравість свічення та ефективність, яка включає в собі струмову ефективність, енергоефективність та зовнішню квантову ефективність, а також термін безвідмовного функціонування пристрою. Конкурентноспроможність сучасних освітлювальних систем і дисплейних технологій потребує неперервного вдосконалення технології виготовлення приладів, оптимізації якості кольору та розроблення нових архітектурних рішень побудови пристрою для їх широкого застосування.

Дисертація спрямована на комплексне вирішення основних наведених завдань в галузі органічної світловипромінювальної електроніки від підбору новосинтезованих амбіполярних органічних напівпровідників та квантових точок в якості мультифункціональних шарів нанорозмірних гетероструктур до реалізованих конструкторсько-технологічних розробок вискоефективних OLED та QLED пристроїв різних типів генерації. Такий підхід вимагає проведення фундаментальних та прикладних досліджень природи люмінесценції молекулярних плівок та гетероструктур на їх основі, розробку нових методів технологічної імплементації сполук органічної та неорганічної природи в світловипромінюючу гетероструктуру та ефективних архітектурних рішень побудови OLED пристроїв для RGB кольірних систем дисплейних технологій та білого кольору свічення дифузних систем освітлення на основі екологічно чистих матеріалів. З урахуванням викладеного, дисертація має наукову й практичну цінність, а її результати є актуальними для галузі електроніка.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертації відповідає науковому напрямку кафедри електронної інженерії «Розробка нових підходів до побудови засобів електронної техніки, методів моделювання та дослідження інноваційних технологій в електроніці, оптоелектроніці та сенсориці». Дисертація виконана в межах науково-дослідних робіт:

«Багатокольорові амбіполярні провідні полімери для однополімерних оптоелектронних пристроїв» (AmbiPOD), 2014–2017 pp. (FP7 Marie Curie International Research Staff Exchange project "Multicoloured ambipolar conducting polymers for single polymer optoelectronic devices" (AmbiPOD) 2014-2017);

«Випромінювачі без важких металів для джерел світла нового покоління» (MEGA Marie Curie International Research Staff Exchange project "Heavy metal free emitters for new- generation light sources" 2019-2023);

«Розробка вискоефективних органічних білих світлодіодів на основі ексіплексної та уповільненої флюоресценції для новітніх систем освітлення» (2020) M57/2020.

В дисертації використані результати: держбюджетних науково-дослідних робіт, що фінансувались МОНУ, в яких дисертант являвся керівником, або виконавцем НДР:

«Вплив структурної організації органічних напівпровідників на люмінесцентні та фотоелектричні параметри приладів органічної електроніки» (№ держреєстрації 0119U100259, 2010-2021pp.);

«Розроблення плазмонних наноструктурованих підкладок для підсилення SERS сигналу при детектуванні вибухових речовин» (№ держреєстрації 0124U000823, 2024-2026pp.), та результати наукового проекту, що фінансувався за кошти ДФФД, в якій дисертант являвся керівником «Розробка інтегрованих органічних електронних пристроїв ближньої інфрачервоної області», (83/89-2018, 2018).

3. Особистий внесок здобувача в одержанні наукових результатів. Основні наукові результати, які становлять суть дисертації, отримано та сформульовано автором особисто. Основні науково-практичні результати досліджень, наведені в дисертації, отримані автором особисто. У спільних наукових роботах авторові належать:

- проведено аналіз природи внутрішньомолекулярного та міжмолекулярного перенесення енергії в світловипромінювальних структурах, а саме дослідження фотофізичних та кінетичних характеристик (часи загасання фотолюмінесценції в наносекундному та мікросекундному діапазоні) новосинтезованих сполук та сумішей на їх основі. На основі проведених досліджень розроблено архітектури та сформовано гетероструктури з використання різних конструкторських підходів для підвищення основних параметрів, а саме яскравості свічення, ефективності та колірних параметрів [4,8,13,14,17];

- дослідження мультिकанальної електролюмінесценції квантових точок в QLED, а саме природи перенесення енергії від органічної структури до неорганічної компоненти в світловипромінювальній гетероструктурі та конструкторсько-технологічна реалізація гібридної структури з розробленими підходами технологічного осадження методом термовакuumного осадження та осадження з розчину та метод «сухого розпилення» в вакуумі (dry spray process) [11,16];

- дослідження механохромізму та електролюмінесценції в органічних світловипромінювальних структурах на основі новосинтезованої сполуки на скляних та гнучких підкладах [5];

- дослідження електролюмінесцентних властивостей новосинтезованих сполук, що включає: розроблення архітектури та технологічне формування органічних світловипромінювальних структур на основі новосинтезованих сполук; вимірювання яскравісних та вольт-амперних характеристик сформованих структур; розрахунок енергоефективності, струмової ефективності та зовнішньої квантової ефективності [1- 20];

- розроблення рідкокристалічної холостерико-нематичної суміші з органічним барвником та дослідження можливості лазерної генерації новосинтезованих сполук в рідкокристалічних лазерах з розподіленим зворотнім зв'язком [6];

- розроблено дизайн та технологічно-конструкторська реалізація повноколірної гетероструктури та її складових з багатоканальною емісією. Структури сформовані на основі флуоресцентних та TADF сполук, а також ексіплексів та досліджені основні електрофізичні параметри сформованих світловипромінювальних структур [4,13];

- експериментальне дослідження багатоканальної електролюмінесценції повноколірної гетероструктури в умовах парамагнітного резонансу. Розраховано екситонний радіус та локалізацію екситону в структурі. З температурної залежності електролюмінесценції

розраховано енергетичну щільність між першим збудженим синглетним та триплетним рівнями [7];

- показано конструкторські та технологічні рішення багатофункціонального застосування новосинтезованих планарних сполук (похідні карбазоловмісного тетрафлуоровінілфенілу) для розроблення різних типів органічних світловипромінювальних гетероструктур (COLED, IBOLED, QLED) RGB системи для дисплейних технологій [1,2,3,9,10,12,18,19,20];

- запропонована концепція та технологічне рішення підвищення ефективності світловипромінювальної гетероструктури за допомогою використання розроблених архітектурних рішень використання системи гість-господар, інтерфейсного та об'ємного типів ексіплексів перенесення енергії від ексіплексної складової до гостьової компоненти, введення додаткових функціональних шарів [10,15,17,19].

4. Ступінь використання у дисертації матеріалів і висновків кандидатської дисертації здобувача. У докторській дисертації «Фізико-технологічні основи формування органічних та гібридних світловипромінювальних структур із заданими спектрально-енергетичними характеристиками» результати, отримані в кандидатській дисертації «Розроблення нанорозмірних світловипромінювальних структур на основі амбіполярних карбазоловмісних напівпровідників» Іванюк Христини Богданівни не використовувались.

5. Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків, які сформульовані в дисертації. Висвітлені в дисертаційній роботі Іванюк Х.Б. наукові положення, висновки та рекомендації є експериментально і теоретично обґрунтованими, достовірними та апробованими. Обґрунтування наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації базується на використанні відомих методів при виконанні дослідження та припущень, які не суперечать відомим науковим та методологічним підходам та забезпечують адекватність отриманих результатів. Достовірність наукових положень та зроблених висновків підтверджується узгодженістю результатів теоретичних досліджень з результатами експериментів на реальних зразках новосинтезованих матеріалів, функціональних плівок та гетероструктур на їх основі та даними відомих з літературних джерел досліджень, а також практичним впровадженням частини результатів дисертаційного дослідження.

6. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру полягає у розробленні технологічних та конструктивних засад формування мультифункціональних світловипромінювальних органічних та гібридних гетероструктур з залученням сучасних кінетичних та фотофізичних методів досліджень. Зокрема:

- Вперше на основі новосинтезованих амбіполярних карбазоловмісних сполук запропоновано і реалізовано технологічний підхід системи «гість-господар», що уможливила ефективне задіяння триплетних екситонів в процес довготривалої флуоресценції з мінімізацією полярон-триплетної анігіляції.

- Вперше експериментально досліджено багатоканальну електролюмінесценцію повноколірної гетероструктури (ITO/CuI/TCTA/pCNBCzoCF₃/m-MTDATA/pCNBCzoCF₃/BCP/Ca/Al) в умовах парамагнітного резонансу. На основі експериментальних даних розраховано екситонний радіус ($\geq 1,2$ нм) та значення енергетичних щільностей між першим збудженим синглетним та триплетним станами для внутрішньомолекулярного та міжмолекулярного екситонів (ΔE_{ST} в межах 33-45 meV).

- Розроблені нові підходи формування гетероструктур з багатокальною емісією з залученням флуоресцентного емітерів та емітерів з довготривалою флуоресценцією.

- Удосконалено спосіб локалізації триплетної енергії на молекулах флуоресцентного емітера та ефективно екзотермічне перенесення енергії від ексиплексного триплету до синглету емітера.

- Вперше встановлений ефект та досліджений механізм механоелектролюмінесценції в органічному напівпровіднику пропілкарбазоліл-сульфобензімід як емітера для багатофункціональних органічних гетероструктур на гнучких підкладах.

- Встановлений ефект значного підсилення вузьконаправленого (лазерного) випромінювання флуоресцентного матеріалу (похідні трифенілвінілфенілу і дигідроіндолокарбазолу) технологічно отриманого в безрезонаторній рідкокристалічній фотонній структурі.

- Вперше виявлено двоканальний механізм електролюмінесценції в розробленій гібридній гетероструктурі на основі квантових точок CdTe/CdS (ядро-оболонка).

- Удосконалено запропонований та застосований технологічний процес легування нанодисперсним порошком цирконату барію інтерфейсної зони TCTA/Bphen ексиплексу в гібридній світловипромінювальній гетероструктурі.

- Вперше запропоновано багатофункціональне застосування новосинтезованих планарних сполук (похідні карбазоловмісного тетрафлуоровінілфенілу) для розроблення різних типів органічних світловипромінювальних гетероструктур (COLED, IBOLED, QLED) RGB системи дисплейних технологій.

7. Практичне значення одержаних результатів. В дисертації наведені актуальні рішення глобальних науково-прикладних проблем покращення яскравості, ефективності та якості кольору приладів сучасних дисплейних технологій та систем дифузного освітлення шляхом впровадження нових концептуальних конструкторсько-технологічних рішень формування мультифункціональних світловипромінювальних органічних та гібридних гетероструктур на основі новосинтезованих донорно-акцепторних низькомолекулярних органічних та нанорозмірних неорганічних і металоорганічних напівпровідників.

1. Вперше розроблені органічні світловипромінювальні структури на основі новосинтезованих амбіполярних карбазоловмісних ціанотрифенілбензолах, що демонструють наближені до рекордних значень зовнішньої квантової ефективності органічних електролюмінесцентних пристроїв глибокого синього кольору для RGB колірної моделі. (від 10,9 % до 14,1%).

2. Розроблена серія електролюмінесцентних пристроїв на основі похідних метоксикарбазолу синього та небесно-блакитного кольору з максимальною зовнішньою квантовою ефективністю та значеннями яскравості 9,0% і 43000 кд/м² відповідно.

3. Розроблений РЗЗ лазер на основі похідних індолокарбазолу та рідкокристалічної холостерико-нематичної суміші з оптичною накачкою 352 нм, який характеризується лазерною генерацією на довжині хвилі 515 нм та шириною спектральної лінії випромінювання 3,5 нм.

4. Розроблена органічна світловипромінювальна гнучка механохромна гетероструктура на основі пропілкарбазоліл-сульфобензімід сполуки характеризується відтворюваною високою деформаційною чутливістю електролюмінесценції в діапазоні згину від 0° до 50° з відповідною зміною кольірних координат $x=0.31$, $y=0.52$ до $x=0.34$, $y=0.49$.

5. Розроблений високоефективний WOLED (53.8 кд/А, 19.3 лм/Вт, 17.0%) на основі бікарбазолу демонструє «теплий» білий колір електролюмінесценції, характеристики якого є перспективними для застосування в новітніх системах дифузного освітлення.

6. Практично реалізована електролюмінесценція квантових точок CdTe/CdS в гібридних гетероструктурах з яскравістю свічення $> 10000 \text{ кд/м}^2$.

7. Розроблений технологічний метод «сухого розпилення» в вакуумі (dry spray process) нанопорошку цирконату барію, який імплементований в архітектуру гібридної світловипромінювальної структури ITO/TCTA/BZO/Bphen /Ca /Al.

8. Повнота викладення матеріалів дисертації в опублікованих наукових працях. Дисертація Іванюк Х.Б. містить особисто отримані здобувачем науково обґрунтовані результати, а кількість та якість наукових праць, опублікованих за її матеріалами, відповідають вимогам наказу МОН України № 1220 від 23.09.2019 року «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук».

Основні положення та результати дисертації викладені автором у 52 наукових публікаціях, зокрема в 20 статтях в наукових фахових виданнях України та інших держав, які індексовані міжнародними наукометричними базами даних Scopus та/або Web of Science (із них 18 статей у журналах з Q1 та Q2, 2 статті в спеціалізованих фахових виданнях категорії Б), 3 патентах України на корисну модель, 2 монографіях та 27 матеріалах і тез доповідей на міжнародних та вітчизняних конференціях.

Статті у періодичних виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus та/або Web of Science, віднесених до першого і другого кuartилів (Q1 і Q2) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports:

1. Stanitska, M., Pokhodylo, N., Lytvyn, R., Urbonas, E., Volyniuk, D., Kutsiy, S., Ivaniuk, K., Kinzhybalov, V., Stakhira, P., Keruckiene, R., Obushak, M., & Grazulevicius, J. V. (2024). Effects of electron-withdrawing strengths of the substituents on the properties of 4-(carbazolyl-R-benzoyl)-5-CF₃-1H-1,2,3-triazole derivatives as blue emitters for doping-free electroluminescence devices. *ACS Omega*, 9(12), 14613–14626. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c01077>, (**Scopus, Q2**). (Здобувачем проведено формування органічних світловипромінювальних структур на основі новосинтезованих сполук; вимірювання яскравісних та вольт-амперних характеристик сформованих структур; розрахунок енергоефективності, струмової ефективності та зовнішньої квантової ефективності).

2. Danyliv, I., Ivaniuk, K., Danyliv, Y., Helzhynskyy, I., Andruleviciene, V., Volyniuk, D., Stakhira, P., Baryshnikov, G., & Grazulevicius, J. V. (2023). Derivatives of 2-pyridone exhibiting hot-exciton TADF for sky-blue and white OLEDs. *ACS Applied Electronic Materials*, 5(8), 4174–4186. <https://doi.org/10.1021/acsaelm.3c00443> (**Scopus, Q1**). (Здобувачем проведено дослідження електролюмінесцентних властивостей новосинтезованої сполуки; аналіз природи внутрішньомолекулярного та міжмолекулярного перенесення енергії в світловипромінювальних структурах; розрахунок енергоефективності, струмової ефективності та зовнішньої квантової ефективності).

3. Danyliv, Y., Ivaniuk, K., Danyliv, I., Bezvikonnyi, O., Volyniuk, D., Sych, G., Lazauskas, A., Skhirtladze, L., Ågren, H., Stakhira, P., Karaush-Karmazin, N., Ali, A., Baryshnikov, G., & Grazulevicius, J. V. (2023). Carbazole-σ-sulfobenzimide derivative exhibiting mechanochromic thermally activated delayed fluorescence as emitter for flexible OLEDs: Theoretical and experimental insights. *Dyes and Pigments*, 208, 110841. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2022.110841> (**Scopus, Q1**). (Здобувачем проведено дослідження механохромізму та електролюмінесценції в органічних світловипромінювальних структурах на основі новосинтезованої сполуки на скляних та гнучких підкладках; вимірювання

яскравісних та вольт-амперних характеристик сформованих структур; розрахунок енергоефективності, струмової ефективності та зовнішньої квантової ефективності).

4. Jatautiene, E., Simokaitiene, J., Sych, G., Volyniuk, D., Ivaniuk, K., Stakhira, P., Fitio, V., Petrovska, H., Savaryn, V., Nastishin, Y., & Grazulevicius, J. V. (2021). Adjustment of electronic and emissive properties of indolo-carbazoles for non-doped OLEDs and cholesteric liquid crystal lasers. *Applied Materials Today*, 24, 101121. <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2021.101121> (**Scopus, Q1**). (Здобувачем проведено дослідження електролюмінесцентних властивостей новосинтезованої сполуки; дослідження можливості лазерної генерації новосинтезованих сполук в РЗЗ рідкокристалічних лазерах).

5. Bunzmann, N., Krugmann, B., Weissenseel, S., Kudriashova, L., Ivaniuk, K., Stakhira, P., Cherpak, V., Chapran, M., Grybauskaite-Kaminskiene, G., Grazulevicius, J. V., Dyakonov, V., & Sperlich, A. (2021). Spin- and voltage-dependent emission from intra- and intermolecular TADF OLEDs. *Advanced Electronic Materials*, 7(3), 2000702. <https://doi.org/10.1002/aelm.202000702> (**Scopus, Q1**). (Здобувачем проведена технологічно-конструкторська реалізація повноколірної гетероструктури її складових; експериментальне дослідження багатоканальної електролюмінесценції повноколірної гетероструктури).

6. Bucinskas, A., Ivaniuk, K., Baryshnikov, G., Bezikonny, O., Stakhira, P., Volyniuk, D., Minaev, B., Ågren, H., Zhydachevskyy, Y., & Grazulevicius, J. V. (2020). Can attachment of tert-butyl substituents to methoxycarbazole moiety induce efficient TADF in diphenylsulfone-based blue OLED emitters? *Organic Electronics*, 86, 105894. <https://doi.org/10.1016/j.orgel.2020.105894> (**Scopus, Q1**). (Здобувачем проведено дослідження електролюмінесцентних властивостей та природи люмінесценції новосинтезованої сполуки; аналіз природи внутрішньомолекулярного та міжмолекулярного перенесення енергії в світловипромінювальних структурах; розрахунок енергоефективності, струмової ефективності та зовнішньої квантової ефективності).

7. Ivaniuk, K., Pidluzhna, A., Stakhira, P., Baryshnikov, G., Kovtun, Y. P., Hotra, Z., Minaev, B. F., & Ågren, H. (2020). BODIPY-core 1,7-diphenyl-substituted derivatives for photovoltaics and OLED applications. *Dyes and Pigments*, 175, 108123. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2019.108123> (**Scopus, Q1**). (Здобувачем проведено розроблення OLED глибокого-червоного випромінюванням із вузькими спектрами емісії; характеристика основних люмінесцентних та електрофізичних параметрів розроблених структур).

8. Ledwon, P., Motyka, R., Ivaniuk, K., Pidluzhna, A., Martyniuk, N., Stakhira, P., Baryshnikov, G., Minaev, B. F., & Ågren, H. (2020). The effect of molecular structure on the properties of quinoxaline-based molecules for OLED applications. *Dyes and Pigments*, 173, 108008. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2019.108008> (**Scopus, Q1**). (Здобувачем проведено формування органічних світловипромінювальних структур на основі новосинтезованих сполук; вимірювання яскравісних та вольт-амперних характеристик сформованих структур; розрахунок енергоефективності, струмової ефективності та зовнішньої квантової ефективності).

9. Pidluzhna, A., Ivaniuk, K., Stakhira, P., Hotra, Z., Chapran, M., Ulanski, J., Tynkevych, O., Khalavka, Y., Baryshnikov, G., Minaev, B., & Ågren, H. (2019). Multi-channel electroluminescence of CdTe/CdS core-shell quantum dots implemented into a QLED device. *Dyes and Pigments*, 162, 647–653. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2018.10.074> (**Scopus, Q1**). (Здобувачем розроблено спосіб нанесення органічних, неорганічних та гібридних плівок; формування органічних світловипромінювальних структур на основі CdTe/CdS ядро/оболонка квантових точок; дослідження мультиканальної електролюмінесценції CdTe/CdS ядро/оболонка квантових точок в QLED; розрахунок енергоефективності, струмової ефективності та зовнішньої квантової ефективності гібридної гетероструктури).

10. Keruckienė, R., Volyniuk, D., Bezvikonnyi, O., Masimukku, N., Ivaniuk, K., Stakhira, P., & Grazulevicius, J. V. (2018). Benzo[b]carbazole and indole derivatives as emitters for non-doped deep-blue organic light-emitting diodes. *Dyes and Pigments*, 154, 145–154. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2018.02.049> (**Scopus, Q1**). (Здобувачем показано конструкторсько-технологічне формування органічних світловипромінювальних структур на основі новосинтезованих сполук; вимірювання яскравісних та вольт-амперних характеристик сформованих структур; розрахунок енергоефективності, струмової ефективності та зовнішньої квантової ефективності).

11. Grybauskaite-Kaminskiene, G., Ivaniuk, K., Bagdziunas, G., Turyk, P., Stakhira, P., Baryshnikov, G., Volyniuk, D., Cherpak, V., Minaev, B., Hotra, Z., Ågren, H., & Grazulevicius, J. V. (2018). Contribution of TADF and exciplex emission for efficient “warm-white” OLEDs. *Journal of Materials Chemistry C*, 6(6), 1543–1550. <https://doi.org/10.1039/C7TC05392D> (**Scopus, Q1**). (Здобувачем проведено дизайн та технологічне формування органічних світловипромінювальних структур на основі новосинтезованих сполук та ексиплексів на їх основі; дослідження електролюмінесцентних властивостей новосинтезованих сполук в гетероструктурі з багатоканальною емісією; аналіз природи внутрішньомолекулярного та міжмолекулярного перенесення енергії в світловипромінювальних; розрахунок енергоефективності, струмової ефективності та зовнішньої квантової ефективності).

12. Kukhta, N., Matulaitis, T., Volyniuk, D., Ivaniuk, K., Turyk, P., Stakhira, P., Grazulevicius, J. V., & Monkman, A. (2017). Deep-blue high-efficiency TTA OLED using para- and meta-conjugated cyanotriphenylbenzene and carbazole derivatives as emitter and host. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 8(24), 6199–6205. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcclett.7b02867> (**Scopus, Q1**). (Здобувачем проведено розроблення та формування органічних світловипромінювальних структур системи «гість-господар» на основі новосинтезованих сполук; вимірювання яскравісних та вольт-амперних характеристик сформованих структур; Розрахунок енергоефективності, струмової ефективності та зовнішньої квантової ефективності та колірні параметри гетероструктур).

13. Ivaniuk, K., Cherpak, V., Stakhira, P., Baryshnikov, G., Minaev, B., Hotra, Z., Turyk, P., Zhydachevskii, Y., Volyniuk, D., Aksimentyeva, O., Penyukh, B., Lazauskas, A., Tamulevičius, S., Grazulevicius, J. V., & Ågren, H. (2017). BaZrO₃ perovskite nanoparticles as emissive material for organic/inorganic hybrid light-emitting diodes. *Dyes and Pigments*, 145, 399–403. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2017.06.020> (**Scopus, Q1**). (Здобувачем розроблений технологічний метод «сухого розпилення» в вакуумі (dry spray process) нанопорошку цирконату барію; проведено формування органічних світловипромінювальних структур на основі нанопорошку цирконату барію; дослідження природи електролюмінесценції гібридної гетероструктури; розрахунок енергоефективності, струмової ефективності та зовнішньої квантової ефективності гібридної гетероструктури).

14. Skuodis, E., Tomkeviciene, A., Reghu, R., Peculyte, L., Ivaniuk, K., Volyniuk, D., Bezvikonnyi, O., Bagdziunas, G., Gudeika, D., & Grazulevicius, J. V. (2017). OLEDs based on the emission of interface and bulk exciplexes formed by cyano-substituted carbazole derivative. *Dyes and Pigments*, 139, 795–807. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2017.01.016> (**Scopus, Q1**). (Здобувачем проведено дизайн та технологічне формування органічних світловипромінювальних структур на основі новосинтезованих сполук та ексиплексів на їх основі; дослідження електролюмінесцентних властивостей новосинтезованих сполук в гетероструктурі; аналіз природи внутрішньомолекулярного та міжмолекулярного перенесення енергії в світловипромінювальних структурах; розрахунок енергоефективності, струмової ефективності та зовнішньої квантової ефективності).

15. Bagdziunas, G., Surka, M., & Ivaniuk, K. (2017). High triplet energy exciton blocking materials based on triphenylamine core for organic light-emitting diodes. *Organic Electronics*, 41, 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.orgel.2016.12.002> (**Scopus, Q1**). (Здобувачем показано розроблення та формування органічних світловипромінювальних структур системи «гість-господар» на основі новосинтезованих сполук; дослідження електролюмінесцентних властивостей та яскравісних, вольт-амперних характеристик сформованих структур; розрахунок енергоефективності, струмової ефективності та зовнішньої квантової ефективності гетероструктур).

16. Cekaviciute, M., Simokaitiene, J., Sych, G., Grazulevicius, J. V., Jankauskas, V., Volyniuk, D., Stakhira, P., Cherpak, V., & Ivaniuk, K. (2016). Diphenylethenyl- and methylphenylethenyl-substituted triphenylamines as effective hole transporting and emitting materials. *Dyes and Pigments*, 134, 593–600. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2016.08.007> (**Scopus, Q1**). (Здобувачем проведено формування органічних світловипромінювальних структур на основі новосинтезованих сполук; вимірювання яскравісних та вольт-амперних характеристик сформованих структур; розрахунок енергоефективності, струмової ефективності та зовнішньої квантової ефективності).

17. Bagdziunas, G., Grybauskaite, G., Kostiv, N., Ivaniuk, K., Volyniuk, D., & Lazauskas, A. (2016). Green and red phosphorescent organic light-emitting diodes with ambipolar hosts based on phenothiazine and carbazole moieties: Photoelectrical properties, morphology and efficiency. *RSC Advances*, 6(66), 61544–61554. <https://doi.org/10.1039/C6RA12692H> (**Scopus, Q2**). (Здобувачем проведено розроблення та формування органічних фосфоресцентних світловипромінювальних структур системи «гість-господар» на основі новосинтезованих сполук; вимірювання яскравісних та вольт-амперних характеристик сформованих структур; розрахунок енергоефективності, струмової ефективності та зовнішньої квантової ефективності та колірні параметри гетероструктур).

18. Baryshnikov, G., Gawrys, P., Ivaniuk, K., Witulski, B., Whitby, R., Al-Muhammad, A., Minaev, B., Cherpak, V., Stakhira, P., Volyniuk, D., Wiosna-Salyga, G., Luszczynska, B., Lazauskas, A., Tamulevicius, S., & Grazulevicius, J. V. (2016). Nine-ring angular fused bis-carbazoloanthracene displaying a solid-state based excimer emission suitable for OLED application. *Journal of Materials Chemistry C*, 4(24), 5795–5805. <https://doi.org/10.1039/C6TC01469K> (**Scopus, Q1**). (Здобувачем проведено формування органічних світловипромінювальних структур на основі новосинтезованих сполук; вимірювання яскравісних та вольт-амперних характеристик сформованих структур; розрахунок енергоефективності, струмової ефективності та зовнішньої квантової ефективності).

Статті у фахових наукових виданнях України:

19. Ivaniuk Kh., Lesko P. Multifunctional application of planar 2d molecule for lightemitting heterostructures, *Technology Audit & Production Reserves*, 2024, vol. 3(77), p.6-10. (**Категорія Б**). <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.306820> (Здобувачем проведено формування світловипромінювальних гетероструктур різних типів на основі одного новосинтезованого матеріалу, проведено вимірювання люмінесцентних та електрофізичних параметрів та розраховано основні показники яскравості та ефективності).

20. Ivaniuk Kh., Kutsiy S., Shchetinin M., Bulavinets T., Yaremchuk I. Application of carbazole derivatives as a multifunctional material for organic light-emitting devices. *Technology Audit & Production Reserves*, 2024, vol.2, p.31-36. (**Категорія Б**). <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.302968> (Здобувачем проведено застосування новосинтезованої сполуки в якості емісійного шару, ексіплексної складової та матричної складової для квантових точок,

сформовано гетероструктури різного типу та проведено вимірювання, розрахунок основних люмінесцентних та електрофізичних параметрів).

Патенти:

21. Патент на корисну модель МПК G12В 3/00. Герметичне перекриття вакуумних об'ємів: пат. 91488 Україна. Патентовласник: Національний університет «Львівська політехніка». Авт.: Готра З.Ю., Іванюк Х.Б., Черпак В.В., Стахіра П.Й., Гельжинський І.І. № u 2014 00034; заявл.: 08.01.2014 ; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 13. 2 с. (Здобувачем розроблена конструктивна модернізація установки термовакуумного осадження тонких плівок з можливістю спрощення та пришвидшення процесу формування функціональних плівок та гетероструктур на їх основі).

22. Патент на корисну модель МПК H01L 27/28. Спосіб виготовлення органічного світлодіода: пат. 104276 Україна. Патентовласник: Національний університет «Львівська політехніка». Авт.: Стахіра П.Й., Черпак В.В., Готра З.Ю., Іванюк Х.Б., Чапран М.М., Гельжинський І.І. № u201505804; заявл. 12.06.2015 ; опубл. 25.01.2016, Бюл. № 2. 2 с. (Здобувачем розроблений конструкторсько-технологічний підхід формування органічного світлодіода на основі багатоканальної емісії).

23. Патент на корисну модель Портативний пристрій для визначення вольт-амперних характеристик та яскравісних характеристик органічних світлодіодів / Х.Б. Іванюк, П.Й. Стахіра, М.С. Івах, О.С. Дом'янич; заявл. Національний університет «Львівська політехніка»; – u202004580; заявл. 20.07.2020. (Здобувачем розроблений пристрій для портативного вимірювання яскравісних параметрів органічних світлодіодів з запропонованою адаптованою методикою вимірювання яскравості площинних джерел світла).

Монографії:

24. Баришніков Г.В. Елементи та пристрої органічної електроніки: колективна монографія / Г.В. Баришніков, І.І. Гельжинський, З.Ю. Готра, Х.Б. Іванюк, Б.П. Мінаєв, П.Й. Стахіра. – Львів: «Простір – М», 2020. – 224 с. (Здобувачем представлено та опрацьовано розділ монографії - органічні світловипромінювальні гетероструктури).

25. Баришніков Г.В. Органічні світловипромінювальні структури: колективна монографія / Г.В. Баришніков, І.І. Гельжинський, З.Ю. Готра, Х.Б. Іванюк, Б.П. Мінаєв, П.Й. Стахіра. – Львів: Видавництво «Львівської політехніки», 2020. – 236 с. (Здобувачем представлено результати роботи та опрацьовано розділ монографії – світловипромінювальні структури білого кольору свічення).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

26. Chapran, M., Ivaniuk, K., Cherpak, V., Stakhira, P., Wiosna-Salyga, G., Luszczynska, B., & Ulanski, J. (2016, May 23–27). *The tandem white organic light-emitting diode (WOLED) based on blue and orange exciplex emissions* [Conference abstract]. 10th Conference "Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials" (ICEPOM-10), Ternopil, Ukraine, p. 40.

27. Lytvyn, R., Bagdziunas, G., Ivaniuk, K., Daitukaityte, D., Danyliv, Y., Hladka, I., Volyniuk, D., Kostiv, N., & Grazulevicius, J. V. (2016, May 23–27). *3-carbazolyl-4-phenylquinolin(on)es as new potential emitters for blue organic light emitting diodes* [Conference abstract]. 10th Conference "Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials" (ICEPOM-10), Ternopil, Ukraine, p. 120.

28. Volyniuk, D., Grybauskate-Kaminskiene, G., Bagdziunas, G., Ivaniuk, K., Cherpak, V. V., Stakhira, P. Y., & Grazulevicius, J. V. (2016, September 21–24). *3,3'-bicarbazole derivative and its mixtures with donor and acceptor molecules for TADF OLEDs* [Conference abstract]. Baltic Polymer Symposium, Klaipeda, Lithuania, p. 16.

29. Grybauskate-Kaminskiene, G., Bagdziunas, G., Ivaniuk, K., Cherpak, V. V., Stakhira, P. Y., Volyniuk, D., & Grazulevicius, J. V. (2016, September 21–24). *New efficient 3,3'-bicarbazole derivatives for light-emitting devices: Photophysical, photoelectrical and electroluminescent properties* [Conference abstract]. Baltic Polymer Symposium, Klaipeda, Lithuania, p. 90.

30. Deksnys, T., Simokaitiene, J., Keruckas, J., Volyniuk, D., Cherpak, V., Stakhira, P., Ivaniuk, K., Helzhynskyy, I., Baryshnikov, G. V., Minaev, B. F., & Grazulevicius, J. V. (2016, September 21–24). *(Dimethoxydiphenylamino)-9-(1-naphthyl)carbazole as bipolar emitter for electroluminescent devices* [Conference abstract]. Baltic Polymer Symposium, Klaipeda, Lithuania, p. 94.

31. Ivaniuk, K., Dupliak, I. Y., Helzhynskyy, I., Stakhira, P. Y., Xiaofen, T., Volyniuk, D., & Grazulevicius, J. (2018, September 25–26). *High-efficiency WOLED based on double exciplex emission* [Conference abstract]. International Scientific Conference "Molecular Engineering and Computational Modelling for Nano- and Biotechnology", dedicated to the 75th anniversary of Professor Boris Minaev, Cherkasy, Ukraine, pp. 52–53.

32. Pidluzhna, A. Y., Ivaniuk, K., Chapran, M., Tynkevych, O., Khalavka, Y., & Stakhira, P. (2018, September 25–26). *Electroluminescent properties of heterostructures based on CdTe/CdS quantum dots* [Conference abstract]. International Scientific Conference "Molecular Engineering and Computational Modelling for Nano- and Biotechnology", Cherkasy, Ukraine, pp. 103–104.

33. Boyko, O., Holyaka, R., Hotra, Z., Fechan, A., Ivaniuk, K., Chaban, O., Zyska, T., & Shedreyeva, I. (2018). *Functionally integrated sensors of thermal quantities based on optocoupler*. In *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018* (Vol. 10808, pp. 1080812-1–1080812-6). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2501550>

34. Grazulevicius, J., Grybauskaitė-Kaminskiene, G., Matulaitis, T., Kukhta, N., Pashazadeh, R., Skuodis, E., Tomkeviciene, A., Volyniuk, D., Pander, P., Dias, F., Ivaniuk, K., & Stakhira, P. (2018, May 21–25). *Donor-acceptor molecular materials as emitters and hosts for efficient organic light-emitting diodes* [Conference abstract]. 11th International Conference "Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials", Ivano-Frankivsk, Ukraine, p. 9.

35. Ivaniuk, K., Turyk, P., Dupliak, I. Y., Helzhynskyy, I., Stakhira, P., Tan, X., Volyniuk, D., & Grazulevicius, J. (2018, May 21–25). *High-efficiency WOLED based on double emission layers* [Conference abstract]. 11th International Conference "Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials", Ivano-Frankivsk, Ukraine, p. 208.

36. Ivaniuk, Kh., Kutsiy, S., Helzhynskyy, I., Fechan, A., Stakhira, P., & Hotra, Z. (2019). *Deep Blue Fluorescence Organic Light-emitting Diode*. Фізико-технологічні проблеми передавання, оброблення та зберігання інформації в інфокомунікаційних системах: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції, 3–5 жовтня 2019 р., Чернівці, Україна, 37.

37. Ivaniuk, Kh., Kutsiy, S., Helzhynskyy, I., Kuchniy, G., Stakhira, P., & Hotra, Z. (2019). *New Interface Engineering Method is Demonstrated for the Preparation of An Efficient White Organic Light-emitting Diode (WOLED)*. Фізико-технологічні проблеми передавання, оброблення та зберігання інформації в інфокомунікаційних системах: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції, 3–5 жовтня 2019 р., Чернівці, Україна, 38.

38. Pokhodylo, N., Lytvyn, R., Stanicka, M., Tupyshak, M., Pitkovych, Kr., Bezvikonnyi, O., Urbonas, E., Volyniuk, D., Kutsiy, S., Ivaniuk, K., Kinzhybalo, V., Stakhira, P., Grazulevicius, J. V., & Obushak, M. (2019). *Design, synthesis and studies of carbazole and triazole based materials for*

OLED applications. XXV Українська конференція з органічної та біоорганічної хімії: матеріали (Луцьк, 16–20 вересня 2019 р.), 11.

39. Volyniuk, D., Mahmoudi, M., Sych, G., Guzauskas, M., Tan, X., Kutsiy, S., Ivaniuk, K., Helzhynskyy, I., Stakhira, P., & Grazulevicius, J.V. (2020). *Exploiting Exciplex-Based Emitters in Structure of White Light Emitting Diodes*. Baltic Polymer Symposium 2020 (Zoom).

40. Ivaniuk, Hr., Kutsiy, S., Helzhynskyy, I., Tan, X., Stakhira, P., & Grazulevicius, J. (2020). *Blue and yellow light electroluminescence in a multilayer WOLED using Ir complexes*. Nanotechnology and Nanomaterials (NANO-2020): Abstract Book International Research and Practice Conference, 26–29 August 2020, Lviv, Ukraine, 105.

41. Volyniuk, D., Tan, X., Simokaitiene, J., Bucinskas, A., Matulaitis, T., Jatautiene, E., Ivaniuk, Kh., Helzhynskyy, I., Stakhira, P., & Grazulevicius, J.V. (2019). *Development of new multicolor-exciplex emitters utilizing diphenylsulfone/ditolylsulfone and phenothiazine/phenoxathiine/xanthene moieties for white electroluminescent devices*. Sustainable Industrial Processing Summit, 11, 143-144.

42. Ivaniuk Kh., Stakhira P., Helzhynskyy I., Kutsiy S., Hotra Z., Deksnys T., Volyniuk D., Grazulevicius J. V., Gorbolic V. (2020). *Contribution of fluorescence and exciplex emission into efficient white OLED*. Proceedings - 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, TCSET 2020, TCSET 2020 Lviv-Slavske, 25–29 February 2020, 821-824.

43. Dupliak, I., Liang, Y., Yan, G., Li, F., & Ivaniuk, Khrystyna. (2020). *Picosecond laser processing of stainless steel for superhydrophobic surface fabricating*. Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials: Abstracts of the XII International Conference, 1–5 June 2020, Kamianets-Podilskyi, 199.

44. Grazulevicius, J., Kukhta, N., Pashazadeh, R., Skudis, E., Tomkeviciene, A., Keruckiene, R., Simokaitiene, J., Cekaviciute, M., Tan, X., Ivaniuk, Khrystyna, Stakhira, Pavlo, Volyniuk, Dmytro. (2020). *Organic bipolar emitters for OLEDs and oxygen sensor*. Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials: Abstracts of the XII International Conference, 1–5 June 2020, Kamianets-Podilskyi, 206.

45. Horbenko, Y., Glazunova, V., Ivaniuk, K., Matkivska, G., Sarykov, H., Aksimentyeva, O., & Vistak, M. (2020). *Structure, optical and sensory properties of poly-3,4-ethylenedioxythiophene films doped with graphene oxide*. Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials: Abstracts of the XII International Conference, 1–5 June 2020, Kamianets-Podilskyi, 320.

46. Ivaniuk H., Aksimentyeva O., Sarykov H. Horbenko Yu. (2020). *Electrochromic properties of electrodeposited PEDOT/GO films on flexible substrates*. Nanotechnology and Nanomaterials (NANO-2020): Abstract Book International Research and Practice Conference, 26–29 August 2020, Lviv, Ukraine, 110.

47. Tupychak, M., Pitkovych, K., Bezvikonnyi, O., Urbonas, E., Volyniuk, D., Kutsiy, S., Ivaniuk, K., Tomkeviciene, A., Grazulevicius, J.V., Obushak, M., Pokhodylo, N., Lytvyn, R., Stanicka, M., Kinzhybalo, V., & Stakhira, P. (2020). *New carbazole-p-bridge-triazole compounds for OLED applications*. Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials: Abstracts of the XII International Conference, 1–5 June 2020, Kamianets-Podilskyi, 256.

48. Dupliak, I., Bucinskas, A., Ivaniuk, Kh.B., Petrovskaya, G.A., Stakhira, P.Y., Grazulevicius, J.V., Volyniuk, D., & Fitio, V.M. (2020). *Green photoluminescence of N-annelated perylenes in a distributed feedback cavity*. Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials: Abstracts of the XII International Conference, 1–5 June 2020, Kamianets-Podilskyi, 321.

49. Ivaniuk, K., Stakhira, P., Yaremchuk, I., Kutsiy, S., Melnykov, S., Bulavinets, T., Volyniuk, D., Klymenko, I., Such, G., Karaush-Karmazin, N., & Ali, A. (2023). *(Tetrafluorovinylphenyl)*

carbazole as a multifunctional material for OLED applications. Nanotechnology and Nanomaterials (NANO-2023): Abstract Book of International Research and Practice Conference, 16–19 August 2023, Bukovel, Ukraine, 501.

50. Butkute, B.R., Cekaviciute, M., Simokaitiene, J., Volyniuk, B.D., Ivaniuk, K., & Grazulevicius, J.V. (2023). *Synthesis and properties of phenylethenyl-based derivatives for OLEDs*. Advanced Materials and Technologies: Book of Abstracts of 25th International Conference-School, 21–25 August 2023, Palanga, Lithuania, 93.

51. Stanitska, M., Pokhodylo, N., Lytvyn, R., Urbonas, E., Volyniuk, D., Ivaniuk, K., Stakhira, P., Kerutskiene, R., Obushak, M., & Grazulevicius, J.V. (2023). *A very simple host-free organic light-emitting diode with blue emitting layer of the derivative of 1H-1,2,3-triazole reaching external quantum efficiency of 4.6%*. Advanced Materials and Technologies: Book of Abstracts of 25th International Conference-School, 21–25 August 2023, Palanga, Lithuania, 85.

52. Iluin, O.V., Smachylo, Y., Mysiuk, Y., Hladun, M., Ivaniuk, K., Bulavinets, T., Fitio, V., & Yaremchuk, I. (2024). *Silver nanoparticles for surface-enhanced Raman spectroscopy application*. Nanotechnology and Nanomaterials, NANO-2024: Abstract Book of International Research and Practice Conference, 21–24 August 2024, Uzhhorod, 537.

9. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на конференціях:

- 10-th Conference "Electronic processes in organic and inorganic materials" ICEPOM-10, (May 23-27, 2016) – Ternopil, Ukraine, 2016;
- Baltic Polymer Symposium 2016. Klaipeda. September 21-24, 2016.
- International scientific conference, dedicated to the 75th anniversary of Professor Boris Minaev, September 25–26, 2018, Cherkasy, Ukraine;
- Photonics applications in astronomy, communications, industry, and high-energy physics experiments 2018, 2018, Wilga, Poland;
- XI International Conference "Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials" (ICEPOM-11), May 21–25, 2018, Ivano-Frankivsk, Ukraine;
- 8th International Scientific Practical Conference "Physical and Technological Problems of Transmission, Processing and Storage of Information in Infocommunication Systems", Chernivtsi, 2019;
- International conference "Baltic polymer symposium 2020" (Zoom);
- VIII International Conference "Nanotechnology and nanomaterials (NANO-2020)": 26–29 August 2020, Lviv, Ukraine;
- International research and practice conference "Nanotechnology and nanomaterials (NANO-2023)" 16 -19 August 2023;
- 25th International conference-school "Advanced materials and technologies", Palanga, Lithuania, 21–25 August, 2023.

10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення. Дисертація викладена професійно, кваліфіковано та грамотно. Матеріали логічно систематизовані та коректно оформленні. За структурою, мовою та стилем викладення дисертація відповідає вимогам МОН України.

11. Відповідність принципам академічної доброчесності. У процесі перевірки на академічний плагіат рукопису дисертації Іванюк Х.Б. встановлено відповідність електронного

варіанту дисертації, наданого здобувачем, паперовому варіанту дисертації. У результаті перевірки дисертації Іанюк Х.Б. академічного плагіату не виявлено.

12. Відповідність дисертації паспорту спеціальності, за якою вона представлена до захисту. Робота відповідає вимогам паспорту спеціальності 05.27.06 – технологія, обладнання та виробництво електронної техніки, зокрема на пряму досліджень: “Органічна електроніка”.

13. Характеристика здобувача, ступінь наукової зрілості. Проведені дослідження та опубліковані наукові праці характеризують Іанюк Х.Б. як кваліфікованого фахівця і дослідника. Здобувач на високому рівні володіє методологією наукових досліджень. Йому притаманне логічне мислення, вміння ставити наукові завдання та пропонувати нестандартні шляхи їх вирішення, виділяти основні та вторинні аспекти. Іанюк Х.Б. є сформованим, кваліфікованим науковцем з глибоким теоретичних та практичним рівнем підготовки.

14. З урахуванням зазначеного, ухвалили:

14.1. Дисертація (у вигляді наукової доповіді) Іанюк Христини Богданівни «Фізико-технологічні основи формування органічних та гібридних світловипромінювальних структур із заданими спектрально-енергетичними характеристиками» є завершеною кваліфікаційною науковою працею, виконаною здобувачем самостійно, у якій наведені актуальні рішення глобальних науково-прикладних проблем покращення яскравості, ефективності та якості кольору приладів сучасних дисплейних технологій та систем дифузного освітлення шляхом впровадження нових концептуальних конструкторсько-технологічних рішень формування мультифункціональних світловипромінювальних органічних та гібридних гетероструктур на основі новосинтезованих донорно-акцепторних низькомолекулярних органічних та нанорозмірних неорганічних і металоорганічних напівпровідників.

14.2. Основні наукові положення, методичні розробки, висновки та практичні рекомендації, викладені у дисертації, є новими, науково-обґрунтованими, логічними, послідовними, аргументованими, достовірними, практично цінними. Дисертація є самостійною науковою працею, яка характеризується єдністю змісту.

14.3. Основні положення та результати дисертації викладені автором у 52 наукових публікаціях, зокрема в 20 статтях в наукових фахових виданнях України та інших держав, які індексовані міжнародними наукометричними базами даних Scopus та/або Web of Science, (із них 18 статей у журналах з Q1 та Q2, 2 статті в спеціалізованих фахових виданнях категорії Б), 4 патентах України на корисну модель, 2 монографіях та 26 матеріалах і тез доповідей на міжнародних та вітчизняних конференціях.

14.4. Дисертація повністю відповідає паспорту спеціальності 05.27.06 *Технологія, обладнання та виробництво електронної техніки* (Перелік наукових спеціальностей затверджений Наказом Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України 14.10.2011 року № 1057). Дисертація підготовлена за спеціальністю 171 Електроніка. Також дисертація відповідає вимогам, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня доктора наук, п. 7 - 9 Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197.

14.5. Дисертація є оригінальною, самостійною, завершеною працею, її зміст не містить елементів фальсифікації, копіювання, плагіату та запозичень. Фактів порушення академічної доброчесності не встановлено, текстових запозичень, ідей, наукових матеріалів і результатів дослідження інших авторів без посилання на джерела не виявлено, що засвідчує відсутність

порушення академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

14.6. З врахуванням наукової зрілості та професійних якостей ІВАНЮК Христини Богданівни, Дисертація «Фізико-технологічні основи формування органічних та гібридних світловипромінювальних структур із заданими спектрально-енергетичними характеристиками» рекомендується для подання до розгляду у спеціалізовану вчену раду на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.27.06 *Технологія, обладнання та виробництво електронної техніки*.

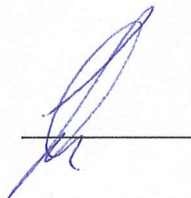
Рецензенти:

Професор кафедри загальної фізики
Інституту прикладної математики та
фундаментальних наук Національного
університету «Львівська політехніка»,
д.ф-м.н., професор



Григорій ІЛЬЧУК

Старший дослідник, професор кафедри
прикладної фізики та
наноматеріалознавства Інституту
прикладної математики та
фундаментальних наук Національного
університету «Львівська політехніка»,
д.т.н.



Федір ІВАЩИШИН

Професор кафедри напівпровідникової
електроніки Навчально-наукового
Інституту телекомунікацій,
радіоелектроніки та електронної техніки
Національного університету «Львівська
політехніка», д.т.н., професор



Анатолій ДРУЖИНІН

«09» 09 2024р.