

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Ректор Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
Володимир МЕЛЬНИК



**АНОТОВАНИЙ ЗВІТ**  
**про виконану роботу у 2021 році в рамках реалізації проєкту**  
**із виконання наукових досліджень і розробок**  
**«Світлогенеруючі низькорозмірні структури з поляризованою люмінесценцією на основі**  
**органічних і неорганічних матеріалів»**  
(назва Проєкту)

**Назва конкурсу:** Конкурс НФДУ «Підтримка досліджень провідних та молодих учених»  
**Реєстраційний номер Проєкту:** 2020.02/0217

**Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок** (реєстраційний номер та назва Проєкту) 2020.02/0217 «Світлогенеруючі низькорозмірні структури з поляризованою люмінесценцією на основі органічних і неорганічних матеріалів»

Рішення наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу «Підтримка досліджень провідних та молодих учених» (назва конкурсу) протокол від «16-17» вересня 2020 року № 21

## 1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Загальна тривалість виконання проєкту 2020 рік – 2022 рік

Тривалість виконання Проєкту у 2021 році

Початок – 28 квітня 2021  
(дата укладання Договору про виконання наукового дослідження і розробки)

Закінчення – грудень 2021

Загальна вартість Проєкту, грн. 7 658 900

Вартість Проєкту по роках, грн.:

1-й рік 1 262 900

2-й рік 3 796 000

3-й рік 2 600 000

## 2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту залучено 7 виконавців, з них:

доктори наук 2 ;

кандидати наук 2 ;

інші працівники 3 .

### **3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ(Ї) СУБВИКОНАВЦЯ(ІВ) ПРОЄКТУ**

Грантоотримувач: Львівський національний університет імені Івана Франка  
Субвиконавець(ці): не передбачено.

### **4. ОПИС ПРОЄКТУ**

#### **4.1. Мета Проєкту (до 200 знаків)**

Отримання органічно-неорганічних світловипромінюючих структур і вивчення перебігу в них електронних процесів з метою виготовлення на їх основі інноваційних поляризованих OLED-пристроїв.

#### **4.2. Основні завдання Проєкту (до 400 знаків)**

- отримання та характеристика нових структур, що генерують поляризоване світіння, на основі органічних і неорганічних сполук різної розмірності та ступеня легування домішками металів;
- встановлення дієвих стратегій орієнтування органічних молекул у нанощарах цих структур, які підвищують ступінь поляризації люмінесцентного випромінювання;
- оптимізація структур та реалізація прототипів світлодіодів.

#### **4.3. Детальний зміст Проєкту:**

##### **- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)**

Однією з актуальних на сьогодні є задача створення OLED-структур, для яких властива поляризована емісія. Їх застосування спростить конструкцію приладів та підвищить енергоефективність. Існує ряд проблеми: недостатній ступінь поляризації випромінювання, деградація властивостей через вплив молекул кисню і води, відносно низькі температури склування органічних шарів, низька рухливість носіїв заряду.

##### **- Новизна Проєкту (до 400 знаків)**

Новизна досліджень визначається тим, що буде створено нові органічно-неорганічні структури з поляризованою люмінесценцією. Зокрема, буде використано новостворені органічні молекули із сильною люмінісценцією в якості матеріалу для світлогенеруючих шарів у цих структурах та розроблено методи їх орієнтованого осадження. Отримані структури будуть застосовані для розробки оптоелектронних пристроїв.

##### **- Методологія дослідження (до 400 знаків)**

Методологія проведення робіт у рамках проєкту ґрунтується на поєднанні елементів технологічних робіт (синтез наноструктур і формування нанокомпозитів, проєктування та реалізація світловипромінюючих конфігурацій), експериментальних досліджень (морфології поверхні і хімічного складу, оптико-спектральних і електрофізичних властивостей) та комп'ютерного моделювання фізичних властивостей і явищ.

### **5. ОТРИМАНІ НАУКОВІ АБО НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ (до 2 сторінок) в поточному році/ в рамках реалізації Проєкту, зокрема:**

#### **5.1. Опис наукових або науково-технічних результатів, отриманих в рамках виконання Проєкту (із зазначенням їх якісних та кількісних (технічних) характеристик)**

У результаті виконання Проєкту у за перший етап у 2021 році, як і було заплановано згідно запиту, підготовлено наступні технологічні карти:

1. Технологічна карта отримання методом осадження під гострим кутом нанощару трихінолілату алюмінію (Alq3) на скляних підкладках вкритих прозорим провідним шаром ІТО.

2. Технологічна карта отримання методом осадження під косим кутом наночастинок 4-(диціанометилен)-2-(4-амілциклогексил)-6[4-(диметиламіностирил)]-4Н-пірану (DCM) на скляних підкладках вкритих прозорим провідним шаром ІТО.

Проведені термогравіметричні дослідження процесів у плівках трихінолітату алюмінію ( $Alq_3$ ), отримані температури фазових переходів.

Тонкі плівки трихінолітату алюмінію, диціанометиленпірану (DCM) та його похідних (DCM-5, DCM-17 і DCM-18) було отримано методом термічного вакуумного випаровування на підкладки розміщені перпендикулярно та під гострим кутом до потоку пари осаджуваної речовини. Проведені атомно-силові дослідження структури плівки, що формується у різних випадках. Виявлене суттєве збільшення поляризації люмінесцентного випромінювання плівок  $Alq_3$ , напиливих на підкладки під гострим кутом.

Отримані різні типи композитів на базі мікродисків та мікроголок  $ZnO$  і тонких плівок органічних матеріалів. Проведені дослідження їхньої морфології, фотолюмінесценції та дослідження методами дифракції Х-променів. Композит на основі мікродисків  $ZnO$  та плівок  $Alq_3$  демонструє вищу ступінь поляризації фотолюмінесценції, аніж кожен з компонентів окремо.

Проведено моделювання впливу постійного зовнішнього поля та заряду підкладки на спектральні характеристики плазмонного резонансу у наночастинках срібла, які планується інтеркалювати у випромінюючі структури для підвищення ефективності їх свічення.

Результати досліджень опубліковані у закордонних та вітчизняних фахових виданнях, представлені на конференціях, отримані патенти України, видана монографія офіційною мовою Європейського Союзу.

#### ***Публікації – 5:***

Karbovnyk I. Impedance analysis of PEDOT:PSS/CNT composites below percolation threshold / I. Karbovnyk, H. Klym, D. Chalyy, I. Zhydenko, D. Lukashevych // Applied Nanoscience. – 2021. – Published online. <https://doi.org/10.1007/s13204-021-01810-x> SNIP 1.008

Klym H. Evolution of Free Volumes in Polycrystalline BaGa<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Ceramics Doped with Eu<sup>3+</sup> Ions /H. Klym, I. Karbovnyk, A. Luchechko, Yu. Kostiv, V. Pankratova, A. I. Popov // Crystals. – 2021. – V.11. – P. 1515(11). <https://doi.org/10.3390/cryst11121515> SNIP 0.886

Karbovnyk I. Optical properties of composite structure based on ZnO microneedles and  $Alq_3$  thin film / I. Karbovnyk, B. Sadoviy, B. Turko, A.M. Kostruba, A. Luchechko, V.S. Vasil'yev, R. Serkiz, Y. Kulyk, H. Klym, P.K. Khanna, A.V. Kukhta // Optical and Quantum Electronics. – 2021. – V. 53. – P. 647.1- 647.9. <https://doi.org/10.1007/s11082-021-03292-1> SNIP 0.796

Karbovnyk I. Polarized photoluminescence of  $Alq_3$  thin films obtained by the method of oblique-angle deposition / I. Karbovnyk, B. Sadoviy, B. Turko, A. V. Kukhta, V. S. Vasil'yev, A. Horyn, Y. Kulyk, Y. Eliyashevskiy, A. Kostruba, V. Savaryn, V. Stybel, S. Majevska // Ukr. J. Phys. Opt. – 2021. – V. 22. – P. 209-215. <https://doi.org/10.3116/16091833/22/4/209/2021> SNIP 0.556

Карбовник І. Поляризована фотолюмінесценція отриманих методом осадження під косим кутом тонких плівок диціанометиленпірану та його похідних / І. Карбовник, Б. Турко, В. Васильєв, А. Кухта, О. Кушнір, Г. Клим // Вісник Львівського університету. Серія фізична. – 2021. – Т. 58. – С. 50-60. <https://doi.org/10.30970/vph.58.2021.50>

#### ***Монографії – 1:***

Luminescence of Materials Based on CdBr<sub>2</sub> and ZnO / Novosad S. S., Novosad I. S., Turko B. I, Karbovnyk I. D. – Chisinau : Scholars' Press, 2021. – 132 p. (ISBN: 978-613-8-95655-6). (3 д. а.)

### ***Тези доповідей на міжнародних і вітчизняних конференціях – 2:***

1. Vasil'ev V. Synthesis and optical properties of composite structure based on ZnO microstructures and Alq<sub>3</sub> thin film / V. Vasil'ev, B. Turko, I. Karbovnyk, A. Kukhta, R. Serkiz, Y. Kulyk // International Conference of Students and Young Scientists in Theoretical and Experimental Physics “HEUREKA-2021”, Lviv, 18–20 May 2021, C2.
2. Demchuk A. Surface model development for optical spectra calculation / A. Demchuk, I. Bolesta, O. Kushnir, Ya. Shmyhelskyu // 2021 IEEE XIIth International Conference on Electronics and Information Technologies “ELIT 2021”, Lviv, 19–21 May 2021, 100.

### ***Патенти – 2:***

1. Патент на корисну модель №148171 Україна МПК C09K 11/06, H01L 51/52. Спосіб одержування нанокompозитного матеріалу на основі ZnO та Alq<sub>3</sub>. Турко Б. І., Карбовник І. Д., Серкіз Р. Я., Васільєв В. С., №u202100757 Заявл. 23.02.2021 р. Опубл. 14.07.2021, Бюл. №28. Власник ЛНУ імені Івана Франка.
2. Патент на корисну модель №148180 Україна МПК C09K 11/06, H01L 51/52. Нанокompозитний люмінофор на основі ZnO та Alq<sub>3</sub>. Турко Б. І., Карбовник І. Д., Серкіз Р. Я., Васільєв В. С., №u202101162 Заявл. 10.03.2021 р. Опубл. 14.07.2021, Бюл. №28. Власник ЛНУ імені Івана Франка.

### **5.2. За наявності науково-технічної продукції обґрунтування її переваг у порівнянні з існуючими аналогами**

Переваги отриманих композитів та структурованих тонких плівок представлені в опублікованих монографії, статті та тезах доповідей на міжнародних конференціях, захищені патентами України. Зокрема, запатентовано нанокompозитний люмінофор на основі ZnO та Alq<sub>3</sub>, який містить тонкий шар Alq<sub>3</sub>, нанесений на поверхню напівпровідника – ZnO, який відрізняється тим, що як напівпровідник використовують нанострижні ZnO, вирощені з парової фази. Використання безводного синтезу нанострижнів ZnO та осадження шару Alq<sub>3</sub> термічним вакуумним випаровуванням дає змогу покращити люмінесцентні характеристики нанокompозитного люмінофора на основі ZnO та Alq<sub>3</sub>, а саме десятикратно підвищити інтенсивність фотолюмінесценції в ультрафіолетовому діапазоні довжин хвиль світла порівняно зі свіченням чистого ZnO та двократно – у видимому діапазоні довжин хвиль світла порівняно зі свіченням чистого Alq<sub>3</sub>. Розроблені технологічні процеси будуть використані в наступних етапах реалізації проекту для створення експериментальних зразків органічно-неорганічних структур з поляризованою люмінесценцією. Експериментальні дані стануть основою для побудови моделей.

### **5.3. Практична цінність отриманих результатів реалізації Проекту для економіки та суспільства (стосується проєктів, що передбачають проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок)**

Дослідження в результаті яких розроблено технологічні карти отримання наструктурованих структур є базовими для подальшого створення OLED пристроїв з новими характеристиками та слугуватимуть базою для розвитку мікро- та оптоелектроніки у країні в цілому, оскільки спрямовані на розвиток напряму нанотехнологій, який відносять до списку критичних для науки та техніки. Розроблено та запатентовано нанокompозитний люмінофор на основі ZnO та Alq<sub>3</sub>. Розробка може бути використана для виготовлення приладів та пристроїв, зокрема світловипромінюючих, на основі наноструктур ZnO та полімерних шарів. Розробка може впроваджуватися в галузі приладобудування.

### **5.4. Опис шляхів та способів подальшого використання результатів виконання Проекту в суспільній практиці.**

Технології отримання нанструктурованих матеріалів з новими характеристиками, що розроблені у межах Проєкту у 2021 році є цікавими у першу чергу для застосування у виробництві органічних світлодіодних елементів. В Україні серед підприємств цього напрямку зацікавленими можуть бути НВП «Електрон-Карат», Інститут фізики напівпровідників НАН України, тощо.

Примітка: Анотований звіт не повинен містити відомостей, заборонених до відкритого опублікування

**Науковий керівник Проєкту**  
професор кафедри радіофізики та  
комп'ютерних технологій  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
Іван КАРБОВНИК

\_\_\_\_\_   
(підпис)