

**Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Національного університету «Львівська політехніка»  
доктору технічних наук, професорці Клим Г.І.**

**РЕЦЕНЗІЯ**

професора кафедри напівпровідникової електроніки Навчально-наукового  
інституту телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки  
Національного університету «Львівська політехніка»

доктора технічних наук, професора

**БУРОГО Олега Анатолійовича**

на дисертаційну роботу **МЕЛЬНИКОВА Сергія Олександровича:**  
**«Використання ефекту сповільненої флуоресценції для підвищення  
ефективності органічних світлодіодів»**

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань  
17«Електроніка та телекомунікації» зі спеціальності 171 «Електроніка»

**Актуальність теми дисертації.** Актуальність теми роботи обумовлена вже тим, що стосується галузі, у якій сьогодні спостерігається значне поживлення, а саме, OLED-технологіям. Відомо, що системи освітлення на основі органічних світлодіодів та OLED-дисплеї володіють низкою переваг, до яких належать широкий кут огляду, низьке значення енергоспоживання, менша вага, можливість створення гнучких екрані тощо.

Автор приділяє увагу явищу термічно активованої уповільненої флуоресценції (TADF), що дозволяє збільшити ефективність роботи органічних світловипромінювальних діодів, ним запропоновано нові структури ефективних повноколірних OLED на основі міжмолекулярного TADF-механізму, досліджено характеристики ряду новосинтезованих органічних сполук, створено P33-лазер з оптичною накачкою на основі холестерико-нематичної рідкокристалічної комірки.

Загалом, враховуючи те, що пошук шляхів покращення ефективності OLED-структур та органічних лазерів на основі TADF є задачею безумовно важливою та сучасною, напрямок дисертаційного дослідження автора слід вважати актуальним.

**Ступінь обґрунтованості та достовірності основних наукових положень, висновків і рекомендацій.** Достовірність та обґрунтованість наукових результатів роботи забезпечено коректністю постановки задач, комплексним характером експериментальних досліджень, проведених із застосуванням сучасних методів, методик та обладнання. Здобувачем за темою дисертації опубліковано 9 наукових праць, зокрема 5 статей, з яких 3 – у фахових виданнях України, 1 – у виданні України, що входить до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science, 1 – у науковому періодичному виданні іншої держави, яке включене до наукометричної бази Scopus та Web of Science. Інші 4 публікації є матеріалами (одні з них входять до наукометричної бази Scopus) та тезами доповідей на міжнародних та всеукраїнських конференціях.

**Наукова новизна одержаних результатів** обумовлена згаданим вище комплексним характером дослідження новосинтезованих TADF-емітерних карбазоловмісних матеріалів та високоефективних багат шарових світловипромінювальних структур широкого спектру видимого випромінювання на їх основі. До пунктів наукової новизни дисертації слід віднести наступні.

1. Автором встановлено характер спектру випромінювання OLED-структур CuI/TAPC/DPEPO:2tCzPy/TPbI/Ca:Al, CuI/TAPC/DPEPO:3tCzPy/TPbI/CaAl та CuI/TAPC/DPEPO:4tCz2Py/TPbI/Ca:Al.
2. Встановлено часи затухання фотолюмінесценції міжмолекулярного ексиплексу на основі донорної новосинтезованої сполуки TPA-TZ з акцепторною складовою на основі PO-T2T.



3. Показано, що в сполуках 2tCzPy, 3tCzPy та 4tCzPy енергетичне положення першого триплетного ( $T_1$ ) рівня енергії є близьким до значення 3 еВ, тоді як положення синглетних рівнів енергії  $S_1$  змінюються від 3,3 до 3,17 еВ, що означає зменшення синглет-триплетного розщеплення ( $\Delta E_{ST}$ ) з 0.25 еВ для 2tCzPy до 0.14 еВ для 4tCzPy.
4. Встановлено характеристики сполук 3tCzPy і 4tCzPy, зокрема, доведено їх високу термічну стабільність. Показано, що такі сполуки хорошими кандидатами для використання їх у технології термо-вакуумного нанесення.
5. Встановлено енергетичні характеристики РЗЗ-лазера на основі новосинтезованого матеріалу DG-21.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у розробленні повноколірних OLED-структур та органічних РЗЗ-лазерів, які можуть бути перспективними для промислового використання у дисплейних технологіях та лазерній техніці.

В роботі отримано наступні результати, що мають практичне значення.

1. Створено OLED білого кольору випромінювання з кольірними координатами, близькими до природнього білого світла. Показана достатньо висока (від 5 до 7%) зовнішня квантова ефективність пристроїв на OLED-структурах на основі ексиплексів DPEPO:2tCzPy, DPEPO:3tCzPy та DPEPO:4tCz2Py.
2. Розроблено високоефективну багатошарову нанорозмірну світловипромінювальну гетероструктуру на основі новосинтезованого ексиплексоутворюючого донорного матеріалу TPA-TZ та комерційно-доступного ексиплексоутворюючого акценторного матеріалу PO-T2T широкого спектру випромінювання.
3. На основі новосинтезованого флуоресцентного емітера TPA-TZ сформовано гетероструктуру ITO/CuI/TCTA/TPA-TZ/BSP/Ca:Al.

4. Запропоновано та обгрунтовано простий метод дослідження нових активних лазерних середовищ і оптимізації концентрації флуоресцентної домішки.

**Відповідність теми дисертації профілю спеціальності, відсутність порушень академічної доброчесності.** Галузь досліджень та вирішені в дисертації науково-практичні задачі відповідають паспорту спеціальності 171 «Електроніка». Жодних підстав для сумнівів у науковій доброчесності здобувача під час детального ознайомлення з дисертацією не виявлено. Узгодженість тексту дисертації з науковими працями дисертанта свідчить про відсутність ознак фальсифікації. Посилання на публікації за участю здобувача в повній мірі відображають тематику дисертаційної роботи.

#### **Зауваження та рекомендації до дисертаційної роботи**

1. Бажано би давати ширші порівняння із існуючим аналогами.
2. Бажано краще підтримувати зв'язність роботи, вказуючи на зв'язок між її окремими розділами. Інакше лишається не до кінця зрозумілим зв'язок задачі дослідження РЗЗ-лазера (четвертий розділ) із результатами попередніх розділів.
3. В літературному огляді роботи слід було би більше уваги приділити фізиці РЗЗ-лазера на основі холестерико-нематичної рідкокристалічної комірки. Так, як відомо, лазерна генерація відбувається завдяки вимушеним переходам в системі рівнів, де верхній лазерний рівень характеризується великим часом життя. Проте, якими є ці рівні автор не згадує, хоча й приділяє увагу деякими іншим питанням фізики РЗЗ-лазерів.
4. На мій погляд, огляд літератури за темою дослідження переобтяжений аббревіатурами (можуть бути три аббревіатури в одному реченні), що ускладнює роботу з ним.
5. Присутні стилістичні і граматичні помилки.

**Висновок про відповідність дисертації вимогам, які пред'являються до наукового ступеня доктора філософії.** За кількістю публікацій, обсягом,



якістю, повнотою висвітлення результатів та розкриттям змісту дисертації Мельникова С.О. «Використання ефекту сповільненої флуоресценції для підвищення ефективності органічних світлодіодів» є завершеною науково-дослідною роботою, що повністю відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.17р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та постанови КМ від 12 січня 2022 р. №44 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження доктора філософії» з останніми змінами, внесеними постановою КМ №341 від 21.03.2022 р., а її автор Мельников Сергій Олександрович може бути рекомендований для присудження йому, за умови розгляду разової спеціалізованої вченої ради Національного університету «Львівська політехніка», наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 171 «Електроніка».

Рецензент  
професор кафедри  
напівпровідникової електроніки  
Національного університету  
«Львівська політехніка»  
д. т. н., професор



**Олег БУРИЙ**

**Підпис д.т.н., проф. Бурого О. А. засвідчую**

Вчений секретар  
Національного університету  
«Львівська політехніка»  
к.т.н., доцент



**Роман БРИЛИНСЬКИЙ**