

*В роботі запропоновано методику вимірювання яскравості органічної світловипромінюючої структури і розроблено схемотехнічне рішення для автоматичного регулювання яскравості свічення органічного світлодіода в залежності від освітленості приміщення. Змодельовано та оптимізовано схему електричну принципову у програмному середовищі Proteus. Запропонована схема дозволяє оптимізувати роботу світловипромінюючого пристрою та за рахунок використання органічних світлодіодів та системи їх регулювання знизити енергоспоживання*

*Ключові слова: органічний світлодіод, світловипромінювальний шар, оптична потужність, спектр випромінювання, мікроконтролер*

*В работе предложена методика измерения яркости органической светоизлучающей структуры и разработаны схемотехническое решение для автоматического регулирования яркости свечения органического светодиода в зависимости от освещенности помещения. Смоделирован и оптимизирован схему электрическую принципиальную в программной среде Proteus. Предложенная схема позволяет оптимизировать работу светоизлучающего устройства и за счет использования органических светодиодов и системы их регулирования снизить энергопотребление*

*Ключевые слова: органический светодиод, светоизлучающий слой, светоизлучающая структура, методика, оптическая мощность, спектр излучения, микроконтроллер*

# РОЗРОБКА СХЕМОТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЯСКРАВОСТІ СВІЧЕННЯ ОРГАНІЧНИХ СВІТЛОДІОДІВ

**З. Ю. Готра**

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри\*

**В. В. Черпак**

Доктор технічних наук, професор\*

**П. Й. Стахіра**

Доктор технічних наук, професор\*

**Х. Б. Іванюк\***

Аспірант

**Г. І. Баріло**

Кандидат технічних наук, доцент, старший викладач\*

\*Кафедра «Електронні прилади»\*\*

**І. І. Гельжинський**

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра «Безпеки життєдіяльності»\*\*

\*\*Національний університет «Львівська політехніка»

м. Львів, вул. С. Бандери, 12, Україна, 79013

## 1. Вступ

Актуальною проблемою в оптоелектроніці є пошук та розроблення нових енергозберігаючих джерел оптичного випромінювання для освітлення та пристроїв відображення інформації.

Проводиться інтенсивний пошук нових матеріалів та структур, які могли б конкурувати з існуючими світловипромінювальними джерелами на основі люмінесценції в газових середовищах або в неорганічних напівпровідникових гетероструктурах, які характеризуються високою оптичною потужністю, однак їм притаманні вузький спектр випромінювання, потреба використання люмінофорів, складність виготовлення та вимоги значних матеріальних затрат, використання токсичних матеріалів (ртуть, селен).

Світлодіодна технологія володіє рядом переваг в порівнянні з лампами розжарювання і люмінесцентними лампами і дозволяє застосовувати в енергозберігаючих рішеннях [1] Проте світлодіоди є точковим

джерелом світла і для освітлення приміщень потребують формування певної системи освітлення.

На відміну від неорганічних світловипромінювальних структур, OLED – це площинні світловипромінювальні панелі, в яких випромінювання світла здійснюється рівномірно по всій поверхні, що може забезпечити світіння з поверхонь будь – якої форми та розміру. Вони можуть забезпечувати високу яскравість та низьке енергоспоживання [2 – 5]. Крім того, органічні матеріали не містять екологічно шкідливих та небезпечних складових. Застосування OLED в пристроях відображення інформації та системах освітлення дозволить замінити традиційні джерела світла на більш технологічні, багатфункціональні та легко інтегрувати їх в побут людини. Основними параметрами органічних світловипромінювальних діодів (OLED) є спектр випромінювання, яскравість, напруга живлення, довговічність тощо.

Проте одним з основних параметрів необхідним для людини – це добре підібране освітлення, що створює комфортні умови праці і відпочинку, а з точки

зору світлодіодів – це яскравість його свічення. В залежності від погодних умов, освітленості приміщення виникає необхідність регулювання яскравості свічення освітлювальних пристроїв [6, 8].

**Метою роботи** розроблення схемотехнічного рішення для автоматичного регулювання яскравості свічення органічних світлодіодів.

## 2. Методика експерименту

Схема експериментального вимірювального пристрою для визначення яскравості OLED показана на рис. 1. Вимірювальний пристрій складається із блоку живлення, оптичної системи, вимірювального блоку та пристрою індикації, які розміщені в темному середовищі, що мінімізує вплив зовнішнього середовища. Схема вимірювального пристрою характеризується високою чутливістю, на рівні кілька десятків нА струму фотодіода при малій інтенсивності світло-випромінювання, має дуже високий опір з вхідним струмом зміщення близько 4пА. Вимірювальний пристрій побудований на основі мікросхеми типу Rail to Rail AD8544, яка характеризується низький струм живлення -45 мкА, широкою смугою пропускання порядку 1 МГц, низькою температурною залежністю вихідного струму.

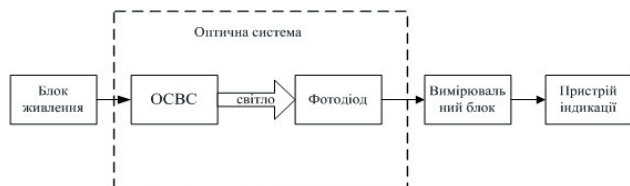


Рис. 1. Блок-схема вимірювального пристрою для визначення яскравості свічення ОСВС

Оптична система містить OLED і фотодіод BPW34b, який характеризується широким спектром фоточутливості від 350 нм до 1100 нм і часом включення  $\approx 25$ нс. Схема включення фотодіода показана на рис. 2.

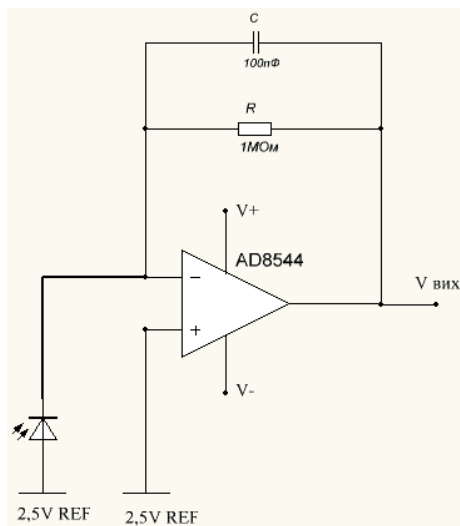


Рис. 2. Схема включення фотодіода AD8544 [9]

Досліджуваний OLED кріпиться на тримачі і формуються контакти за допомогою мідних провідників і срібної пасти. Живлення OLED здійснюється постійною складовою напруги від 1 до 15В. Напруга живлення, та напруга ,при якій відбувається свічення залежить від OLED і лежать в межах 1-14В. Режим керування визначаються відповідно до характеристик досліджуваної структури.

При подачі напруги на OLED світловий потік генерує напругу на фотодіоді, що спричиняє зростання фотоструму.

Після попереднього підсилення (прямолінійного) значення відображається на пристрої індикації (мілівольметра). За допомогою світло-напругової характеристики фотодіода отримані значення напруг переводяться у потужність світлового потоку для подальших розрахунків яскравості. Світло-напругова характеристика фотодіода з підсилювачем наведена на рис. 3.

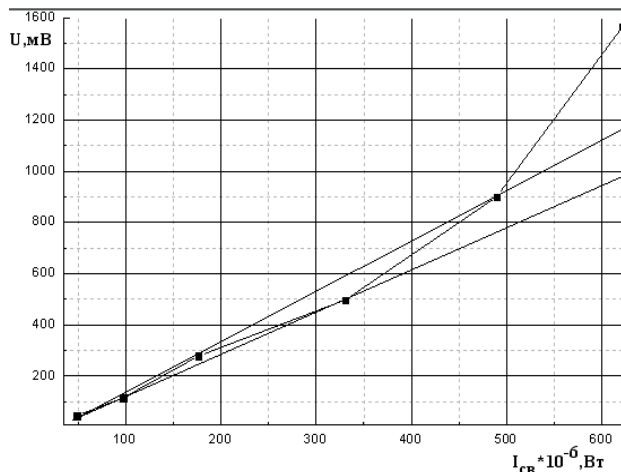


Рис. 3. Світло-напругова характеристика фотодіода з підсилювачем

Дана схема була протестована за допомогою радіометра РТН-20 КГМ-150.

Фотодіод був відкалібрований експериментально (рис. 3). Калібрування на довжині хвилі максимальної чутливості  $S_{max}$  фотодіода, що виражається в одиницях потужності випромінювання (Вт) на напругу фотодіода  $V_{diode}$ .

Яскравість в прямому напрямку може бути розрахована [7]:

$$L_{vo} = K_r V_{diode} S_{max} D^2 / FF \tau A_L A_{diode}, \tag{1}$$

де  $A_L$ - площа OLED;  $A_{diode}$ -площа фотодіода BPW34b;  $\tau$  – вікно прозорості (приймаємо 1);  $D$ - відстань між фотодіодом і OLED;  $K_r$  - складова для перетворення радіометричної величини у фотометричну, розраховується за формулою:

$$K_r = \Phi_v / \Phi_e = K_m (\int \Phi_e(\lambda) V(\lambda) d\lambda / \int \Phi_e(\lambda) d\lambda), \tag{2}$$

де  $\Phi_e(\lambda)$  – спектральна функція OLED, яка попередньо вимірюється експериментально спектрометром USB2000, є змінною величиною і залежить від спектру випромінювання OLED;

$V(\lambda)$  - фотонна функція (крива спектральної чутливості ока) рис. 4;

$K_m$  - константа, максимальна спектральна світлова ефективність 683 лм/Вт.

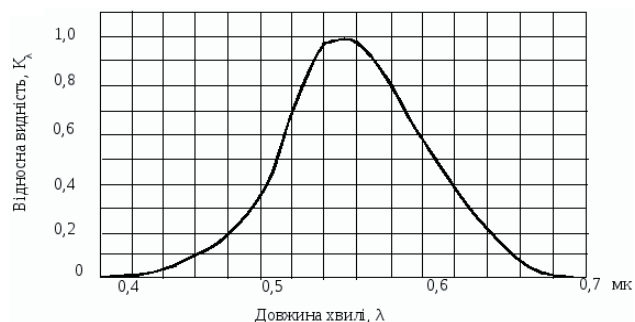


Рис. 4. Крива спектральної чутливості ока

FF є коефіцієнтом заповнення (fill-factor), який порівнює спектр випромінювання OLED з спектральною залежністю чутливості фотодіода:

$$FF = \int \Phi_e(\lambda) S_{r_{diode}}(\lambda) d\lambda / \int \Phi_e(\lambda) \quad (3)$$

де  $S_{r_{diode}}(\lambda)$ - спектральна функція фотодіода BPW34b (рис. 5).

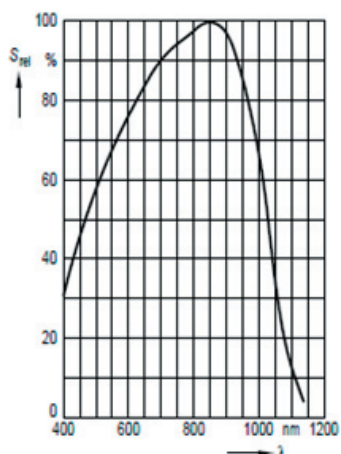


Рис. 5. Спектральна функція фотодіода BPW34b

Значення  $K_g$  і FF залежить від спектру випромінювання вимірюваного OLED. Формула (1) використовується тільки у випадку коли  $D \gg A_{diode}$  і  $D \gg A_L$ .

### 3. Експериментальні дослідження і результати

Світловипромінювальна структура системи ITO/CuI/світло- випромінюючий шар/TCz1/Ca/Al (рис. 6, а) формувалася методом термовакуумного напылення: дірково-інжекційний шар CuI, світловипромінюючий шар, електронно-інжекційний шар та Ca/Al електрод на попередньо очищене скло з покриттям ITO у вакуумі  $10^{-5}$  Торр.

Товщини шарів були виміряні NanoCalc 2000 рефлектометричної системи. Активна область отриманого пристрою  $3 \times 2$  мм<sup>2</sup>.

Густина струму, напруги, виміряні за допомогою Programmable Test Power LED300E, електролюмінесценції реєстрували за допомогою Ocean Optic USB2000. Яскравість була виміряна за допомогою методики експерименту. На рис 6, б показана залежність яскравості випромінювання від напруги живлення.

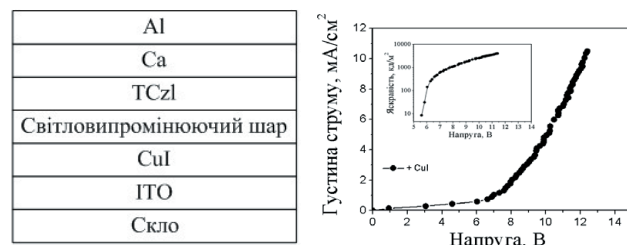


Рис. 6. Типова багатшарова OLED структура(а) та її ВАХ та ВЯХ характеристика(б)

Як видно з графіку при деякому значенні порогової напруги з'являється світіння, потім спостерігається нелінійний ріст (на кілька порядків) інтенсивності, після чого відбувається насичення і при відносно малих напругах спостерігається велика яскравість свічення. Розроблена схема електрична принципова для автоматичного регулювання яскравості свічення в залежності від освітленості приміщення (рис. 7):

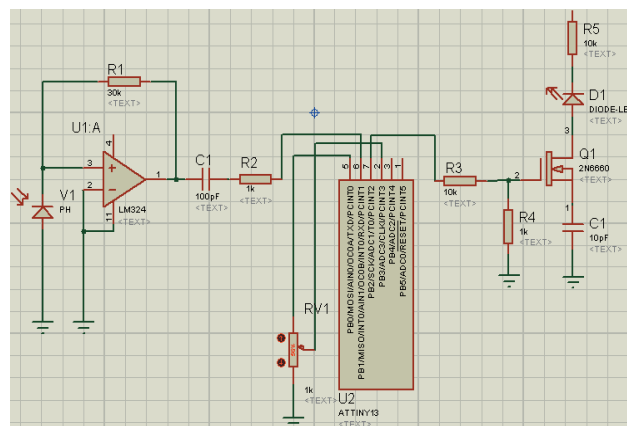


Рис. 7. Зображення схеми електричної принципової для автоматичного регулювання яскравості свічення світлодіода у програмному середовищі Proteus [10]

Для автоматичного регулювання яскравості свічення органічного світлодіода розроблена принципова схема на основі мікроконтролера ATtiny 13, який має у своєму складі один 8 - розрядний таймер/лічильник, два ШІМ канали. При зменшенні величини освітленості, яка реєструється фотодіодом з подальшим підсиленням(LM 324), сформований сигнал надходить на вхід мікроконтролера, де відбувається аналогово-цифрове перетворення і отриманий цифровий код використовується для регулювання шпаруватості імпульсів ШІМа. Таблиця співвідношень вхідних і вихідних параметрів програмується у вбудованій пам'яті і її значення відповідають типу світлодіода. Вихідний сигнал з мікроконтролера через відповідний цифровий порт та силовий ключ на

основі польового транзистора здійснює керування органічним світлодіодом. За необхідності рівень інтенсивності світлового потоку регулюється змінним резистором (RV1). Параметри резистора та алгоритм роботи внутрішньої програми вибрано таким чином, щоб не допустити перевантаження по струму світло-випромінюючого діода.

---

#### 4. Висновки

---

Запропоноване і розроблене схемотехнічне рішення автоматичного регулювання яскравості

свічення органічного світлодіода в залежності від освітленості приміщення. Вимірювання проводилося на базі розробленої структури ITO/CuI/світло-випромінюючий шар/TCz1/Ca/Al, що характеризується максимальною яскравістю 4032 кд/м<sup>2</sup> при напрузі живлення 11В.

Запропонована схема дозволяє оптимізувати роботу світло-випромінюючого пристрою та за рахунок використання світлодіодів та системи їх регулювання знизити енергоспоживання.

В процесі оптимізації підбрано оптимальні значення параметрів електричної схеми та таблиці кодів мікроконтролера.

---

#### Література

1. Сорокін, В. М. Органические светоизлучающие структуры - технологии XXI века [Текст] / В. М. Сорокін [та ін.] // Технологии и конструирование в электронной аппаратуре. – 2009. – № 1. – С. 3-9.
2. N. Thejo Kalyani Organic light emitting diodes: Energy saving lighting technology [Text] // N. Thejo Kalyani, S. J. Dhoble // Renewable and Sustainable Energy Reviews – 2012 – №16 – p.2696– 2723.
3. Стахарный, С. Перспективы органических светодиодов в системах освещения [Текст] // С. Стахарный // Современная светотехника. – 2010. – № 3. – С. 23-30.
4. Koch, N. Organic Electronic Devices and Their Functional interfaces [Text] / N. Koch // A european journal of chemical physics and physical chemistry. – 2007. – vol. 8. – P. 1438 – 1455.
5. Tyagi, S. Introduction to semiconductor materials and devices [Text] // John Wiley & Sons, New York.- 1991.- p 235-237.
6. Brutting, W. Device physics of organic light-emitting diode based on molecular materials [Text] / W. Brutting, S. Berleb, A. Muckl // Organic Electronics. – 2001. – № 2. – P. 1-3.
7. Forrest, S. R. Measuring the efficiency of organic light-emitting devices [Text] / Forrest S. R , Bradley D. C., Thompson M. E. // Edvanced materials.- 2003.- p.1043-1047.
8. Tang C.W. Organic electroluminescent diodes[Text]/ C.W.Tang, S.A. Vanslyke. // Applied Physics Journal. – 1987. – vol,51. – pp. 913-915.
9. Park, J. W. Large-area OLED lightings and thier application [Text] / J. W. Park, D. C. Shin, S. H. Park // Semiconductor Science and Technology. – 2011. – vol.26. – P. 034002-034011.
10. Максимов, А. Моделирование устройств на микроконтроллерах с помощью программы ISIS из пакета PROTEUS VSM [Текст] / А. Максимов // Радио.–2005.–№4. – С.15-16