

УДК 628.98

Володимир Андрійчук, Ярослав Осадца

ВИМІРЮВАННЯ СВІЛОТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА З ДОПОМОГОЮ ФОТОКАМЕР З МАТРИЧНИМИ ОПТИЧНИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ

В роботі запропонована математична модель фотометра з матричним оптичним перетворювачем. Приведена методика вимірювання світлотехнічних параметрів світлодіодів з допомогою фотокамер з матричними оптичними перетворювачами.

Ключові слова: світлодіод, матричний оптичний перетворювач, світловий розподіл, яскравість, сила світла.

Напівпровідникові джерела світла широко впроваджуються в різні галузі народного господарства [1, 2]. Тому виникає необхідність оперативного контролю їх світлотехнічних параметрів [3, 4]. Для цього пропонується використовувати фотокамеру з матричним оптичним перетворювачем. Тому актуальною є проблема розробки та теоретичного обґрунтування методики вимірювань світлотехнічних характеристик світлодіодів (СД) з допомогою цифрових фотокамер, запису та обробки результатів вимірювань. Необхідність таких вимірювань викликана проведенням вхідного контролю на підприємствах світлотехнічної галузі, котрі виготовляють пристрої з напівпровідниковими джерелами світла.

Метою даної роботи було побудова математичної моделі системи СД — екран — фотокамера, розробка методики вимірювання світлотехнічних параметрів напівпровідникових джерел світла з допомогою цифрових фотокамер; використання інформаційних технологій для запису та обробки експериментальних результатів.

Для визначення світлового розподілу напівпровідникових джерел світла була змонтована експериментальна установка, оптична схема якої зображена на рис. 1. Дана установка складається з до-

сліджуваного світлодіода 1, дифузно пропускаючого екрана 2 та фотокамери 3. Положення фотокамери та досліджуваного СД вибирали таким чином, щоб вони знаходились на одній оптичній осі, перпендикулярній до поверхні екрана.

Освітленість E_M елемента ΔS_2 , який є зображенням ΔS_1 на поверхні матричного оптичного перетворювача, визначали за формулою:

$$E_M = \frac{\tau \cdot e^{-k \cdot x}}{h_2^2} \cdot \frac{\Delta S_{s.o.}}{\Delta S_1} \cdot I_{ij} \cdot \cos^4 \theta \cdot \cos^3 \alpha_{ij} \cdot \frac{4 \cdot \sin^2 \Delta \alpha}{(\cos 2\alpha_{ij} + \cos \Delta \alpha)^2} \quad (1)$$

де τ — коефіцієнт пропускання оптичної системи фотокамери; x — довжина шляху променя в речовині екрана; k — показник послаблення потоку; $\Delta S_{s.o.} = \pi \cdot R^2$ — площа вхідного отвору об'єктива; $\alpha_{ij} = \frac{\alpha_i + \alpha_j}{2}$ — кут, в межах якого сила світла $I_{ij} = const$; $\Delta \alpha = (\alpha_i + \alpha_j) \rightarrow 0$.

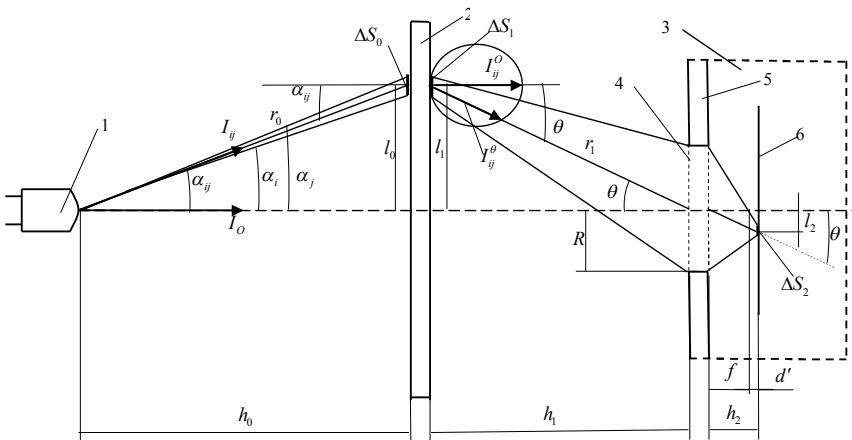


Рисунок 1. Оптична схема системи: СД — екран - фотокамера (1 — СД, 2 — екран с дифузним розсіянням світла, 3 — фотокамера; 4 — вхідний отвір об'єктива фотокамери, 5 — оптична система фотокамери, 6 — поверхня матричного оптичного перетворювача).

Освітленість зображення елемента екрана ΔS_1 , розміщеного на оптичній осі ($\theta = 0$, $\alpha_{ji} = 0$), дорівнює:

$$E_{Mo} = \frac{e^{-k \cdot x} \cdot \tau_0}{h_2^2} \cdot \frac{\Delta S_{s.o.}}{\Delta S_1} \cdot I_0 \cdot \frac{4 \cdot \sin^2 \Delta \alpha}{(1 + \cos \Delta \alpha)^2}. \quad (2)$$

З рівнянь (1) та (2) отримуємо рівняння для визначення кривої світлорозподілу світлодіода

$$\frac{I_{ji}}{I_0} = 10^{\frac{Y-Y_0}{a}} \cdot \frac{\cos \alpha_{ji}}{\cos^4 \theta}, \quad (3)$$

де Y , Y_0 — відповідно яскравість зображення елемента екрана в зоні дії I_{ji} та I_0 ; a — експериментальний коефіцієнт, отриманий за результатами градування.

Кольорове зображення елемента світної поверхні представляли в RGB-системі. Для визначення яскравості зображення здійснювали перехід в XYZ-систему. В цій системі координата Y визначає яскравість зображення. Рівняння переходу має вигляд [5]:

$$Y = 0,21 \cdot R + 0,72 \cdot G + 0,07 \cdot B, \quad (4)$$

де R , G , і B — координати кольоровості.

Дослідження проводили для холодно-білого СД марки EDEW-3LS6-B3. В якості екрана використовували пластину з матового скла з коефіцієнтом пропускання $\tau_0 = 0,45$, який попередньо вимірювали з допомогою кульового фотометра ФМШ-56. Відстань h_0 вибирали, виходячи зі стандартних відстаней для визначення усереднених значень сили світла СД, $h_0 = 0,1$ м або $h_0 = 0,316$ м [6]. Для вимірювання параметрів СД використовували фотокамеру OLYMPUS E-420.

Результати вимірювань представляли у вигляді числових матриць у пакеті MATLAB, із котрих за формулою (4) визначали Y -координату, і згідно з (3) знаходили світловий розподіл.

Для вибраного СД попередньо проводили вимірювання світлового розподілу з допомогою гоніофотометра.

На рис. 2 зображено криві світлового розподілу СД EDEW-3LS6-B3, отримані з допомогою фотокамери OLYMPUS E420 (1) і гоніофотометра (2).

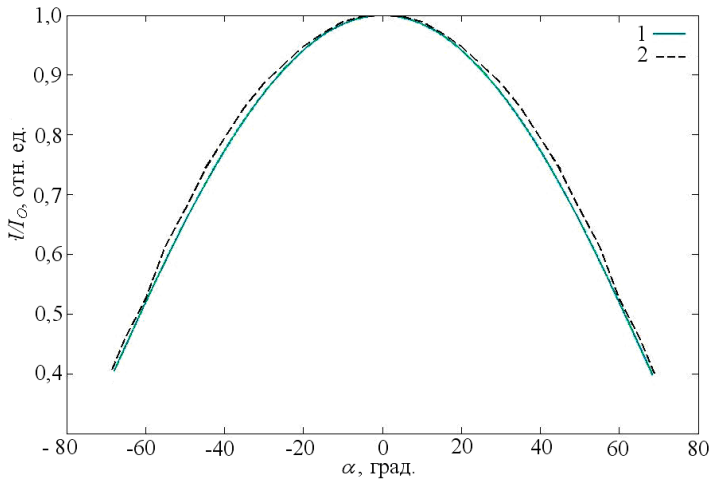


Рисунок 2. Криві залежності сили світла від кута випромінювання СД

За отриманими результатами проведено розрахунок середньоквадратичного відхилення між значеннями, отриманими з допомогою гоніофотометра та фотокамери, та відносної похибки. Значення похибки результатів вимірювань не перевищували 2 %, що підтверджує адекватність запропонованої моделі та представлених математичних розрахунків.

Висновки:

1. Побудовано математичну модель системи для вимірювання світлотехнічних параметрів світлодіодів з допомогою фотокамер з матричними оптичними перетворювачами.
2. Розроблено методику вимірювання світлотехнічних параметрів напівпровідникових джерел світла.
3. Проведено вимірювання світлового розподілу світлодіода EDEW-3LS6-B3. Показано, що похибка вимірювань не перевищує 2 %.

Література

1. Говоров Ф. П. Разработка светодиодных источников света для систем внутрименового освещения / Ф. П. Говоров, Н. И. Носанов, Т. И. Романов // Світлолюкс. — 2010. — №1. — С. 55–59.
2. Билунд Л. Проект «Светодиоды для общего освещения» / Л. Билунд // Светотехника. — 2010. — № 5. — С. 4–5.
3. Справочная книга по светотехнике: [3-е изд., перераб. и доп. / Под. ред. Ю. Б. Айзенберга]. — М.: Знак, 2006. — 972 с.
4. Коган Л. М. Полупроводниковые светоизлучающие диоды / Л. М. Коган — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 208 с.
5. Откуда берется формула $Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B$ для преобразования из цветного RGB-изображения в черно-белое (монохромное)? [Электронный ресурс] / Алексей Игнатенко // Компьютерная графика и мультимедиа. Сетевой журнал. — [Цит. 2010, 7 жовтня]. — Режим доступу до журн.: <http://cgm.computergraphics.ru/node/2203>.
6. Шин О.Г. Особливості фотометрії світлодіодів / О. Г. Шин, В. А. Андрійчук // Світлотехніка та електроенергетика. — 2009. — № 4. — С. 19–23.

Volodymyr Andriychuk, Yaroslav Osadtsa

**MEASUREMENTS OF PHOTOMETRIC PARAMETERS OF
THE SEMICONDUCTING LIGHT SOURCES WITH USE OF
PHOTOGRAPHIC CAMERA WITH OPTICAL SENSOR ARRAY**

Mathematical model of a photometer with optical transducer array is developed. The method of measuring photometric parameters of light emitting diodes with optical sensor array is described.

Keywords: *of light emitting diodes; optical sensor array; light distribution; brightness; luminous intensity.*