

УДК 628.979; 621.384

О.Г.Шин,
В.А. Андрійчук, докт. техн. наук
 Тернопільський державний
 технічний університет імені
 Івана Пулюя

ОСОБЛИВОСТІ ФОТОМЕТРІЇ СВІЛОДІОДІВ

Вступ. Досягнення сучасної напівпровідникової електроніки створили умови широкого використання світлодіодів в системах візуалізації інформації, світлосигнальних пристроях, приладах для рекламного та інтер'єрного освітлення. Незважаючи на те, що світильники на основі світлодіодів (СД) перебувають на початковій стадії свого розвитку, можна з впевненістю вважати, що вони мають всі підстави зайняти провідну роль у світлотехнічному бізнесі. Поява нового типу джерел світла в першу чергу поставила задачу метрологічного забезпечення вимірювання їх фотометричних характеристик.

В порівнянні з тепловими та розрядними джерелами світла СД мають дуже малі розміри і потужність – не більше 10 Вт [1]. Для них потрібно живлення постійним струмом певної полярності і напругою від 1 до 10 В. Низька напруга живлення, малі розміри, великий термін експлуатації та «холодне» свічення з широкою кольоровою гамою в першу чергу забезпечили їм масове використання в якості світлоіндикаторних елементів, які керуються сучасними електронними пристроями. Виготовлення світлодіодних модулів розширило їх область застосування і дозволило створювати на їх основі світлові прилади з унікальними властивостями. Простота керування триколірними модулями дозволяє змінювати не тільки освітленість вибраних об'єктів, але і кольорову гаму випромінювання. Економічних переваг таких світлових приладів можна досягнути навіть при меншій світловій віддачі, ніж у розрядних джерелах світла, якщо прийняти до уваги затрати на виготовлення ламп, світильників на їх основі, експлуатації та заміну джерел світла (ДС) [2]. Все це робить проблему фотометрії світлодіодів актуальною і вимагає для її вирішення пошуку нових технічних засобів та технологій.

Вимірювання сили світла. Згідно фотометричного закону віддаленості, силу світла можна розрахувати за освітленістю. Якщо відстань фотометрування буде перевищувати в 10 раз максимальний розмір ДС або приймача, то досягається точність в 1%. Для найбільш поширених ДС вимірювання сили світла за допомогою фотометричної головки (ФГ) проводилися в умовах дальнього поля, тобто на доволі великих відстанях між ДС і ФГ, коли діаметр апертури ФГ можна вважати точковим в порівнянні з відстанями. Оскільки розміри СД є досить малими (від 5 до 10 мм), то проведення вимірювань на відстані до 10 см від СД з існуючим діаметром апертури ФГ порядку 8 мм будуть відповідати усередненим значенням сили світла, яка буде залежати від геометричних умов вимірювання. Із-за різниці в апертурі ФГ порівняти результати вимірювань, отримані в різних лабораторіях, стало неможливим. Тому для

вирішення даної проблеми, МКО ввела нову величину - усереднену силу світла або силу випромінювання і визначила дві стандартні відстані для її вимірювання [3]. Ці відстані становлять: для геометрії "А" – 316 мм, для геометрії "В" – 100 мм (рис. 1). В обох геометріях використовується ФГ з круглою входною діафрагмою, площа якої 100 мм², що відповідає діаметру апертури 11,3 мм. При цьому СД встановлюється так, щоб його геометрична вісь проходила через центр апертури приймача. Відстань між поверхнею кришки СД і площиною діафрагми ФГ визначає відмінність в геометріях "А" і "В".

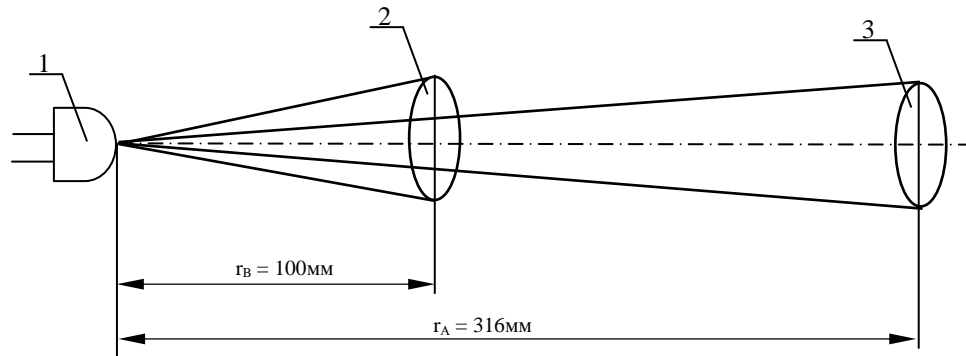


Рис. 1 – Умови вимірювання усередненої сили світла світлодіодів:
1 – світлодіод, 2 – геометрія «В», 3 – геометрія «А»

Вимірювання усередненої сили світла СД можна виконувати на фотометричній лаві за допомогою еталонного СД і ФГ. При цьому еталон повинен мати такий же спектральний і просторовий розподіл, як і досліджуваний СД. Також силу світла СД можна виміряти за допомогою еталонного люксметра, використовуючи закон обернених квадратів.

Слід зауважити, що отримані таким чином значення сили світла, не відповідають максимальній силі світла, яка може бути значно більша, особливо для вузьконаправлених СД.

Повну інформацію про просторовий розподіл сили світла можна отримати за допомогою гоніофотометричної системи.

Вимірювання світлового (енергетичного) потоку. Найбільш поширеним способом вимірювання світлового потоку є вимірювання у фотометричній кулі [4,5]. При цьому потік вимірюваного ДВ порівнюється з світловим потоком зразкового. У зв'язку з малими розмірами СД можна використовувати кулі малого діаметра до 25 см. Аналіз похибок вимірювань сумарного світлового потоку СД показав, що цей метод забезпечує точність до 3% в залежності від спектрального розподілу, направленості та інших його характеристик.

Важливою проблемою, яку необхідно вирішити при вимірюванні сумарного світлового потоку в інтегральному фотометрі, є вибір еталонного джерела випромінювання. Еталонний випромінювач повинен бути за своїми геометричними, світлотехнічними та спектральними характеристиками близьким до досліджуваного зразка. Тобто, для кожного типу СД повинен бути свій еталонний випромінювач.

Основною задачею, яку потрібно розв'язати при виборі еталона, - це стабілізація температури та струму р-п-переходу, оскільки ці два параметри найбільше впливають на світлотехнічні характеристики СД.

Найкращих результатів у виготовленні світлодіодних еталонів досягнуто в Національному інституті стандартів і технологій США, Федеральному фізико-технологічному бюро в Німеччині, у НДІ оптико-фізичних вимірювань в Росії [1,6,7].

Сумарний світловий потік можна визначити на основі результатів вимірювання просторового розподілу сили світла. Цей метод не вимагає еталонних випромінювачів і є найбільш точним в порівнянні з методом вимірювання в інтегральному фотометрі.

Блок-схема гоніофотометричної установки, розробленої на кафедрі світлотехніки в Тернопільському державному технічному університеті ім. Івана Пулюя, подана на рис. 2.

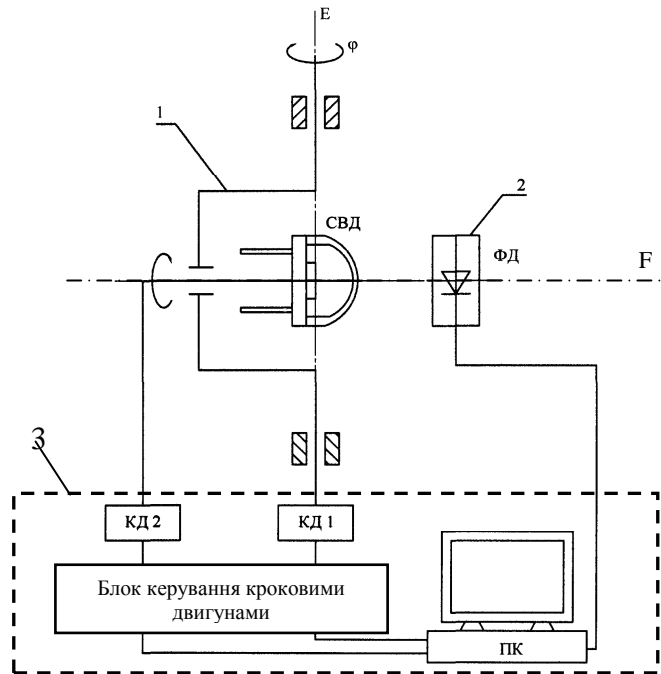


Рис. 2 – Блок-схема гоніофотометричної установки:
1 – поворотна головка; 2 – вимірювальна головка; 3 – система електроприводу.

Гоніофотометр складається з поворотної головки (1), вимірювальної головки (2), системи електроприводу, керування та обробки результатів вимірювання (3). Поворотна головка обертається навколо двох осей - вертикальної E та горизонтальної F . На її геометричній осі кріпиться досліджуваній світлодіод.

Вимірювальна головка (2) перетворює світловий потік в електричний сигнал. До складу вимірювальної головки входить система діафрагм та фотодіод $\Phi Д$.

Система електроприводу (3) складається з двох крокових двигунів $КД 1$ і $КД 2$ та драйвера, який здійснює їх зв'язок з комп'ютером $ПК$. Електропривід виконує позиціонування поворотної головки з досліджуванім $СД$ з точністю $0,1^\circ$. Необхідна точність забезпечується конструкцією крокових двигунів та системою редукторів.

Керування електроприводом, запис та обробка результатів вимірювань здійснюється за допомогою персонального комп'ютера ($ПК$) згідно спеціально розробленої програми.

Спектральні вимірювання. При вимірюванні оптичних характеристик $СД$ важливо знати не тільки силу світла і її просторовий розподіл, але і спектр випромінювання та кольорову характеристику.

Спектральні вимірювання проводились на автоматизованій спектрометричній установці, змонтованій на базі монохроматора $УМ-2$. Блок-схема установки подана на рис. 3. Приймачем оптичного сигналу використано кремнієвий фотодіод $\Phi Д-288$ або фотоелектронний помножувач $\Phi ЭУ-85$.

Для живлення фотоелектронного помножувача використовувався високовольтний блок Б5-24. При живленні світлодіодів постійним струмом перед вхідною щільною монохроматора ставився модулятор, який перетворював постійний світловий потік у змінний. При імпульсному живленні СД модулятор знімався. Для підсилення змінного струму фотоприймача використовувався селективний мікровольтметр В6-9.

Електропривід лімба монохроматора зібраний на основі крокового двигуна ДШ 0,4А та редуктора з коефіцієнтом редукції 40:1. Роботою установки керує ПК. Він також заносить в масив даних результати вимірювань, проводить їх обробку та аналіз. Дана установка дозволяє отримати на екрані монітора спектральний розподіл потоку випромінювання СД з врахуванням спектральної чутливості ФЕП та дисперсії монохроматора.

Розроблена програма також дозволяє на основі спектральних вимірювань визначити координати кольоровості в різних системах, кольорову температуру, індекс кольоропередачі.

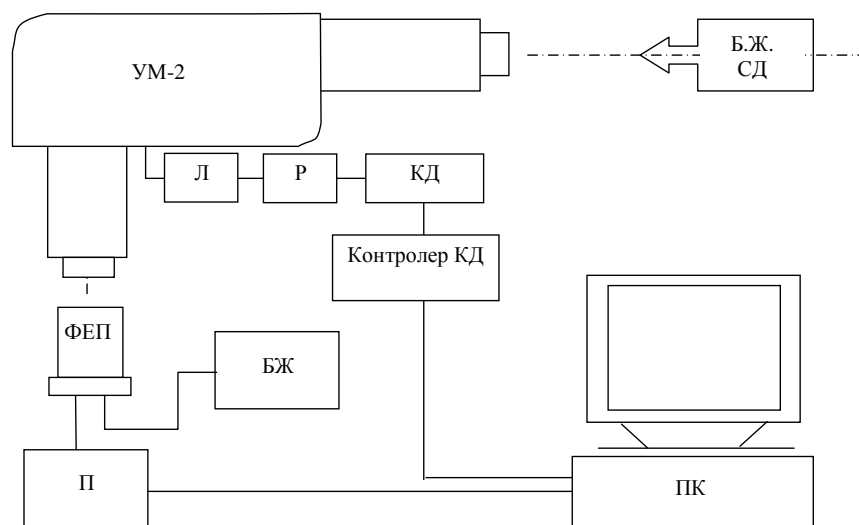


Рис.3 – Блок-схема автоматизованої спектрометричної установки для вимірювання спектрального розподілу випромінювання СД. УМ-2 - монохроматор; Л - лімба монохроматора; Р - редуктор; КД - кроковий двигун; ФЕП - фотоприймач; БЖ - блок живлення ФЕП; П - підсилювач електричного сигналу.

Висновки:

Проведено аналіз особливостей фотометрії світлодіодів.

Розроблено методику та технічні засоби вимірювання світлового розподілу та повного світлового потоку СД.

Розроблено керування комп'ютером автоматизовану спектрометричну установку для вимірювання спектральних характеристик СД.

Розроблено програмне забезпечення ПК, що дозволяє здійснювати керування електроприводом установок, записувати та проводити обробку результатів вимірювань, здійснювати розрахунок кольорових характеристик СД.

Література

1. Заутер Г., Линдемманн М., Шперлинг А., Оно И. Фотометрия светодиодов. Светотехника, 2004. – №3. С. 5-11.
2. Энергосбережение в освещении. Под ред. Проф. Ю.Б. Айзенберга. М.: Издательство «Знак», 1999. – 264 с.: ил.
3. CIE technical committee report 127, 1997: measurements of LEDs.
4. Эпштейн М.И. Измерение оптического излучения в электронике. М.: Энергия, 1975. - 246 с.

5. Андрийчук В.А., Щербак М.І., Шин О.Г. Аналіз точності вимірювання світлового потоку в інтегральному фотометрі. Електроніка та системи управління 2007. № 4(14). С. 157 – 163.
6. Дежи Д., Зонг Ю., Миллер С.С., Оно Й., Хеймер Т. Эталонный излучатель НИСТ для фотометрии светодиодов. Светотехника, 2004. - №6. - С. 56-59.
7. Агафонов Д.Р., Саприцкий В.И., Столяревская Р.И. Толстых Г.Н. Рабочий эталон силы света на основе светодиодов. Светотехника, 2000. - №3. - С. 9-12.

ОСОБЕННОСТИ ФОТОМЕТРИИ СВЕТОДИОДОВ

А.Г.Шин, В.А.Андрийчук

На основании анализа особенностей фотометрии светодиодов предложено конструкции установок для измерения пространственного распределения излучения, полного светового (энергетического) потока, спектрального распределения и цветовых характеристик. Разработано программное обеспечение для управления работой установок, обработки и анализа результатов измерений.

FEATURES OF PHOTOMETRY OF LIGHT-EMITTING DIODES

A.G.Shyn, V.A.Andriychuk

On the analysis basis of features light-emitting diodes photometry the constructions of fluidizers are offered measuring of spatial distributing radiation, complete light stream, spectral distributing and colour descriptions. The software for a control work of options, treatment and analysis of measurings results is developed.