

ОПТИЧЕСКИЙ БЛОК ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗЛУЧЕНИЯ МОЩНЫХ СВЕТОДИОДОВ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Бендебера Г.Н., Бондаренко И.Н., Маковская Е.Г.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Харьков, пр.Ленина, 14, 61166, Украина
тел.:(057) 702-13-62, e-mail: mepu@kture.kharkov.ua

In this work construction of optical unit for spectrophotometer LR1 for measurements of LED radiation characteristics in real exploitation conditions proposed. Development construction make it possible to control the radiation spectrum and investigate the spectral sensitivity of photodetector with sizes less then 2×2 cm at spectral range 400..700 nm.

Введение. При расчете и проектировании LED источников оптического излучения важно знать светотехнические параметры излучателей: величину светового потока Φ , световую отдачу η_v , спектр излучения. Часто в спецификациях производителей эти параметры измерены в условиях, значительно отличающихся от реальных. Обычно при крупносерийном производстве изготовители, чтобы снизить собственный нагрев светодиодов во время измерений, тестируют продукцию, используя импульсный режим измерения с длительностью импульса порядка нескольких миллисекунд. Поэтому, измеренные по такой методике светотехнические параметры не могут быть основой расчета. Кроме того, часто различающиеся стандарты фотометрии светодиодов у разных изготовителей затрудняют сопоставление эксплуатационных параметров их изделий.

Постановка задачи. К современным источникам излучения для фотометрии предъявляют следующие требования: спектральная характеристика, соответствующая спектру чувствительности фотоприемника спектрофотометра, стабильность спектральной характеристики излучения и мощности излучения, возможность их независимой регулировки, быстрый выход на рабочий режим.

В настоящее время в качестве источников для спектральных измерений используют: лампы накаливания, галогенные лампы, газоразрядные люминесцентные лампы, ртутные лампы высокого и сверхвысокого давления, ксеноновые лампы и светодиоды для измерений в узких спектральных полосах.

Несмотря на узкий спектр излучения, по сравнению с другими электрическими источниками света светодиоды имеют следующие преимущества:

- высокая световая отдача.
- высокая механическая прочность, вибростойкость;
- длительный срок эксплуатации — от 30000 до 50000 часов;
- широкая номенклатура спектров излучения: от УФ до ближнего ИК;
- малая инерционность;
- безопасность (низкие напряжения питания).

Важно отметить, что под влиянием температуры изменяются практически все характеристики светодиодов, указываемые в спецификациях производителей, как правило, для комнатной температуры и составляющие основу для проектирования источников излучения, в то время как светодиоды в них функционируют в широком диапазоне температур. Знание характера изменения характеристик в зависимости от тепловых условий позволяют учитывать и корректировать выходные данные указанных устройств на их основе.

Целью работы является разработка оптического блока для измерения характеристик светодиодов в реальных условиях эксплуатации.

Конструкция и технология изготовления. Для того чтобы исключить возможные неточности при проектировании осветительных систем, световые потоки $\Phi_{сд}$ светодиодов следует измерять в условиях максимально приближенным к тем, при которых они будут эксплуатироваться в осветителе. Только в таком случае сравнение величин $\Phi_{сд}$, и световой отдачи η_v светодиодов с этими же характеристиками ламп накаливания или других источников света (ИС) можно признать корректным. В процессе измерений $\Phi_{сд}$

необходимо контролировать прямое напряжение и прямой ток, чтобы точно определить электрическую мощность, потребляемую светодиодом $P_{сд}$, а затем и световую отдачу $\eta_v = \Phi_{сд}/P_{сд}$

Для измерения светотехнических характеристик источников света обычно используют фотометрическую сферу (ФС) с диффузно отражающей внутренней поверхностью.

Полная освещенность (E) поверхности сферы в какой-либо точке, учитывающая первичную освещенность и освещенность после всех отражений, является:

$$E = E_1 + \frac{\Phi}{4\pi R^2} \times \frac{\rho}{1 - \rho} \quad (1)$$

где Φ – световой поток ИС, ρ – среднее значение спектрального коэффициента отражения покрытия ФС, R – диаметр сферы

Вторая компонента этого выражения прямо пропорциональна всему световому потоку ИС, одинакова для любой площадки поверхности сферы и не зависит от диаграммы направленности ИС.

При использовании фотометрической сферы для измерения светового потока, необходимо обеспечить пропорциональность светового потока второму слагаемому выражения (1), т.е. исключить засветку приемника прямым потоком излучения [1].

Для выполнения указанных рекомендаций светодиоды размещаются в отверстиях боковой поверхности фотометрической сферы с тем, чтобы их прямое излучение не попадало в выходное отверстие ФС. Это позволяет обойтись без дополнительных элементов в виде экранов внутри сферы и повышает точность измерений. Для того, чтобы не вносить дополнительную погрешность в измерения, суммарная площадь участков поверхности, не участвующих в диффузном отражении (LED излучатели и выходное отверстие), должна быть гораздо меньше общей внутренней поверхности сферы S (по крайней мере меньше, чем $0,01 S$).

Измерение характеристик излучения светодиода сводится к сравнению их с характеристиками любого светодиода, для которого они указаны производителем, при одинаковой температуре. Для этого необходимо, чтобы оба светодиода излучали в полость ФС, и по полученным с помощью спектрофотометра спектральным характеристикам нетрудно рассчитать мощность излучения исследуемого светодиода по соотношению площадей, занимаемых спектральными характеристиками. Разместив на боковой поверхности ФС несколько светодиодов, можно создать источник излучения с регулируемой спектральной характеристикой в широком диапазоне длин волн для тестирования фотоприемников. Структурная схема измерений, позволяющая реализовать оба варианта измерений, приведена на Рис.2.

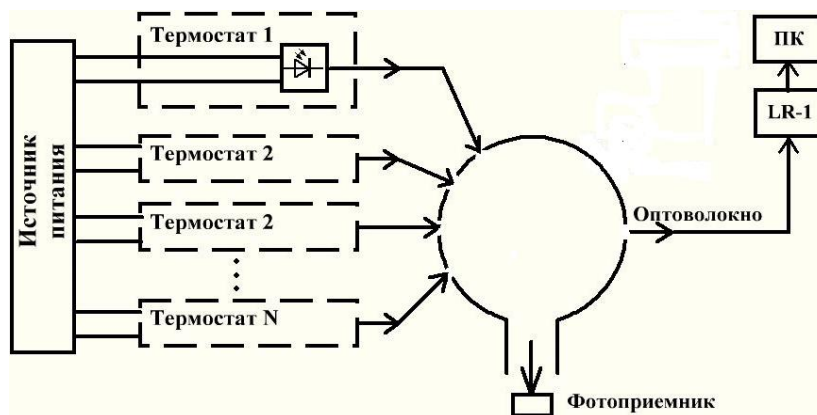


Рисунок 2 – Схема измерений

Разработанная конструкция предназначена для диодов с размером излучающего кристалла 2×2 мм, а в качестве основы ФС была использована стеклянная сферическая колба диаметром 100 мм и внутренним диаметром горловины 30 мм. Такое соотношение размеров удовлетворяет приведенным выше условиям и позволяет проводить измерения с достаточной точностью.

Для получения диффузного отражения внутренняя сферическая поверхность колбы матировалась в парах плавиковой кислоты. В стенке колбы по длине окружности в плоскости, соответствующей максимальному диаметру и перпендикулярной цилиндрической горловине, перед матированием высверливались отверстия диаметром 4 мм, в которых при сборке устанавливались LED-излучатели.

В качестве материала отражающего покрытия был выбран алюминий, обладающий достаточно высоким и однородным коэффициентом отражения (Рис. 1) в спектральном диапазоне чувствительности сенсора спектрофотометра LR1 (300...1030 нм).

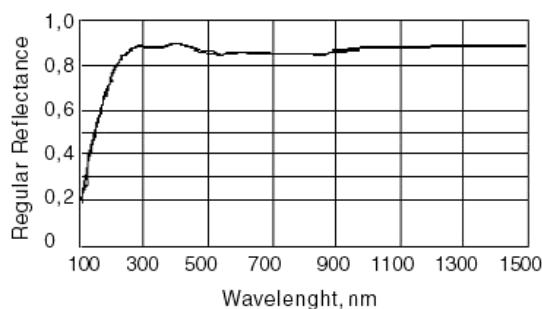


Рисунок 1 – Спектр отражения Al [2]

Процесс нанесения пленки Al толщиной 0,5 мкм на внутреннюю поверхность колбы проводился в вакуумной камере. Для этого колба надевалась на испаритель из вольфрама в форме спирали с навеской из Al (чистотой 0,9999) таким образом, чтобы испаритель был в центре сферы. Нанесение пленки проводилось в вакууме $5 \cdot 10^{-4}$ Па. Внутренняя поверхность колбы получилась диффузно отражающей, а горловина – зеркально отражающей.

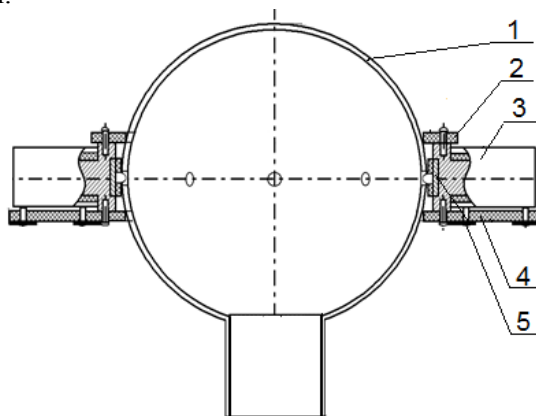


Рисунок 3.— Конструкция оптического блока: 1- сфера; 2- верхнее кольцо; 3- термостат; 4- нижнее кольцо; 5- подложка светодиода

Для корректных измерений для изменения температуры кристалла с излучающей структурой необходимо, чтобы температура диода определялась не самопрогревом, под действием протекающего через него тока, а температурой массивного сердечника нагревательного элемента. В качестве нагревательного элемента использован трубчатый керамический резистор типа ПЭВ-50 с сопротивлением 18 Ом, в цилиндрическое отверстие которого вставлен стержень с фланцем из алюминиевого сплава, на котором

крепится исследуемый светодиод. Конструкция оптического блока представляет собой фотометрическую сферу 1, зажатую между двумя стеклотекстолитовыми кольцами 2 и 4, между которыми радиально напротив отверстий в сфере размещены термостаты 3 с закрепленными в них светодиодами 5 (Рис. 3). Подложка светодиода прижимается к фланцу термостата изолирующим световым экраном. Между ним и подложкой светодиода располагается стеклотекстолитовое кольцо с механическими пружинными контактами (на рисунке не показано).

Такая конструкция оптического блока при тестировании, например, фотоэлектрических преобразователей позволяет исследовать спектральный отклик в различных участках диапазона чувствительности, что особенно важно при отработке технологии структур с нано-размерными элементами; а регулировка температуры термостатов позволяет задавать различный спектр и величину светового потока.

Пример изменения спектральной характеристики излучения восьми светодиодов при температурах 25 и 75 °С, входящих в диапазон температур эксплуатации излучателя, приведены на рисунке 4.

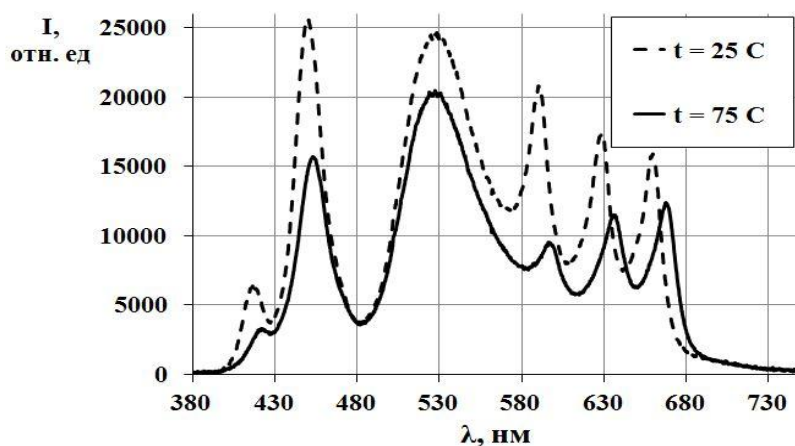


Рисунок 4 – Спектр излучения источника из восьми светодиодов при температурах 25 и 75 С, $I=20\text{mA}$

Выводы. Предложенная конструкция оптического блока позволяет измерять характеристики излучения мощных светодиодов в реальных тепловых режимах эксплуатации, может быть также использована для тестирования фоточувствительных структур, содержащих нано-размерные среды, и дает возможность управлять спектром и мощностью излучения, задавая различную температуру и режим питания светодиодов.

Список литературы:

- 1 Конструкция светомерной установки. [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://fan-5.ru/better/article-147438.php>
- 2 Спектр отражения Al. [Электронный ресурс]/ Режим доступа: http://www.crystaltechno.com/Al_en.htm - загл. с экрана.
- 3 Semileds . [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://www.semileds.com/>
- 4 Cree. [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://www.cree.com/>
- 5 Osram. [Электронный ресурс]/ Режим доступа: http://www.osram.com/osram_com/