

Рабочий эталон измерения усредненной силы света светодиодов



Дмитрий Зубков,
аспирант, кафедра «Светотехника и источники света», Харьковская национальная академия городского хозяйства

Описаны условия и средства измерения одной из самых важных характеристик излучения светодиодов — усредненной силы света. Приведены особенности конструирования и калибрования эталонного средства измерения этой величины с помощью эталонного датчика, связанного с первичным государственным эталоном Украины.

В последнее время возросла тенденция использования светоизлучающих диодов (СИД) в различных устройствах — от стандартных индикаторов в аудио- и видеотехнике, портативных компьютерах и игрушках до светофоров, дисплеев и автомобильных светильников. Светодиодные технологии демонстрируют взрывной рост на протяжении последних лет, и прогнозируются довольно широкие дальнейшие перспективы светодиодов.

Основной движущей силой такого развития является постоянно растущий уровень яркости СИД. Кроме того, на рынок приходят новые материалы и технологические процессы изготовления кристаллов. Одновременно с увеличением разновидностей как светодиодов, так и их возможных применений повышаются требования к уровню компетентности, необходимого проектировщикам и архитекторам для построения

светодиодных систем освещения. Современный рынок оптоэлектронных компонентов требует понимания не только оптических свойств СИД, но и методов их измерения.

При измерении широкого диапазона разных типов СИД следует учитывать многомерные свойства оптического излучения не только относительно излучаемого диода, но и их влияние на приемник. Диапазон возможных влияний на результат измерений значителен, и, соответственно, возрастает неопределенность измерения.

Низкий уровень мощности излучения некоторых СИД может ограничить разрешающую способность измерений спектрального и пространственного распределения. Для увеличения сигнала датчика при измерении усредненной силы света СИД его устанавливают на относительно небольшом расстоянии при довольно большом телесном угле исходящем от СИД излучения. В этом случае диод рассматривается не как точечный источник, поэтому результаты измерений значительно варьируют, в зависимости от используемых геометрических условий. Чтобы минимизировать такое расхождение результатов, данные геометрические условия стандартизируются таким образом, чтобы разные пользователи могли сравнивать и воспроизводить измеренные значения.

Рекомендации относительно стандартизации условий измерения характеристик СИД были разработаны международной комиссией по освещению (МКО) и предложены для использования в светотехнических лабораториях. Данные рекомендации распространяются только на единичные монохромные СИД и не относятся к многоцветным диодам, светодиодным кластерам и матрицам для телевизионных экранов,

а также излучающим поверхностям OLED.

В связи с отсутствием верхнего эталонного звена в области измерений СИД в Украине, возникла необходимость в создании рабочего эталона для измерения интегральных характеристик видимого излучения СИД — потока и усредненной силы света СИД (УСС СИД).

При создании рабочего эталона были поставлены следующие задачи:

- измерения должны выполняться в двух геометриях МКО — А и В;
- крепление СИД должно обеспечивать прохождение механической оси СИД через центр входного отверстия апертуры;
- изготовление прецизионной апертуры с площадью входного отверстия 100 мм²;
- использование фотометрической сферы для обеспечения равномерного распределения излучения по поверхности детектора;
- применение кремниевого фотодиода с площадью чувствительной поверхности равной или большей 100 мм², диапазоном чувствительности в видимой области спектра и линейной характеристикой;
- использование для снятия показаний датчика фиксирующего прибора с малой погрешностью измерения.

Для фиксации СИД и подключения к нему источника питания постоянным током используется индивидуально разработанная платформа из стеклотекстолита, которая крепится к вертикальной стойке винтами. Стойка имеет каретку, механизм которой позволяет горизонтально перемещать платформу. Это содействует более точной установке фронтального конца светодиода на расстоянии от апертуры 316

и 100 мм — геометрия МКО А и В, соответственно.

Выравнивание СИД происходит при помощи прицельного устройства (см. рис. 1).

С помощью линзы с нанесенными вертикальной и горизонтальной линиями выполняется установка СИД в необходимое положение со следующим фиксированием его контактов, которые одновременно играют роль проводников и держателей.

Помимо таких достоинств как дешевизна и простота, данный способ имеет некоторые существенные недостатки, а именно — невысокую точность регулирования и большую трудоемкость, поэтому в ближайшем будущем планируется разработка более технологичного способа фиксации СИД.

В основу средства измерения положен метод эталонного датчика, который калибруется при помощи эталонной лампы типа А (КГМ).

СИД и эталонная лампа имеют разные размеры, пространственное и угловое распределение. Поэтому для выравнивания излучения СИД и эталонной лампы, которое попадает в спектрофотометр, используется интегрирующий фотометрический шар малого диаметра, а именно, $D_{ш} = 70$ мм. Это также позволяет размещать эталонную лампу на расстоянии, отличном от геометрий МКО А и В, что значительно упрощает процесс калибрования. Недостатком использования сферы является наименьшая чувствительность среди всех других примеров входной геометрии спектрофотометра в режиме видимого излучения.

Учитывая рекомендации МКО для определения усредненной силы света СИД в геометриях А и В, измерения должны проводиться с использованием апертуры, площадь отверстия которой равна 100 мм^2 , т.е. диаметр отверстия приблизительно равен $d_A = 11,284$ мм.

Довольно большое значение при измерении УСС СИД играет положение апертуры относительно светодиода. Во-первых, расстояние должно измеряться от кончика светодиода до поверхности апертуры. Во-вторых, апертура должна размещаться острыми

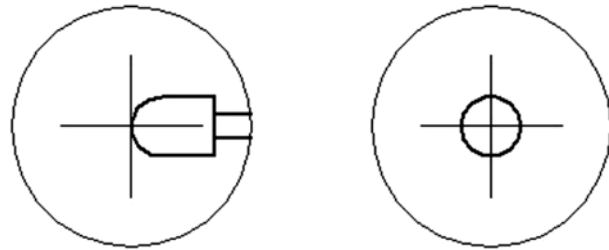


Рис. 1. Использование прицельного устройства

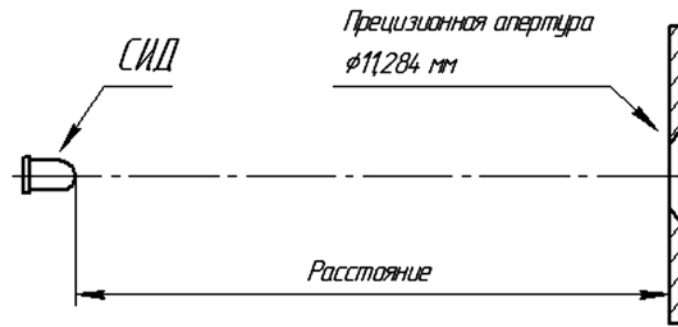


Рис. 2. Положение апертуры относительно СИД

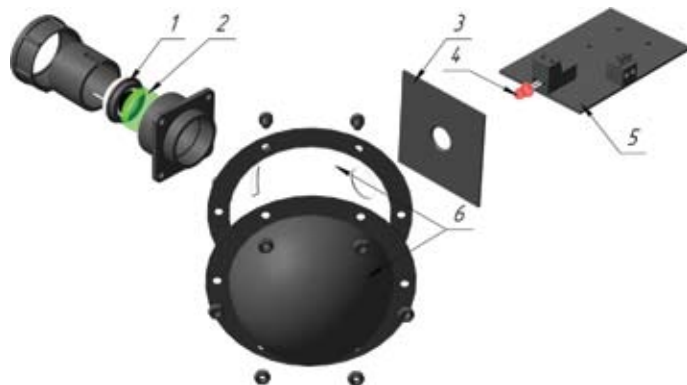


Рис. 3. Средство измерения усредненной силы света СИД. Разнесенный вид (1 — фотодиод ФД 288; 2 — корректирующий светофильтр; 3 — входная прецизионная апертура; 4 — измеряемый светодиод; 5 — платформа-держатель; 6 — интегрирующий фотометрический шар диаметром 70 мм)

краями отверстия в сторону СИД (см. рис. 2). Такое расположение позволяет предотвратить отражение света диода от поверхности фаски и попадание его в фотоме-

трический шар, что фактически привело бы к увеличению телесного угла.

Фотометрическая головка состоит из корректирующего филь-

Таблица 1. Основные характеристики фотодиода ФД 288

Таблица 1. Основные характеристики фотодиода ФД 288	
Площадь фоточувствительного элемента (ФЧЭ), мм ²	100,0
Форма фоточувствительного элемента, мм	круг Ø11,3
Режим включения (без представления напряжения смещения)	фотогальванический
Темновой ток при 20°С при подаче напряжения смещения 1 В, мкА, не больше	0,15
Область спектральной чувствительности по уровню 10% от максимума, мкм	0,3...1,0
Токовая монохроматическая чувствительность ($\lambda = 0,3$ мкм), А/Вт, не меньше	0,04
Токовая монохроматическая чувствительность ($\lambda = 0,55$ мкм), А/Вт, не меньше	0,24
Корпус	металло-стеклянный
Входное окно плоское, материал	лейкосапфир
Масса, г, не больше	15,0

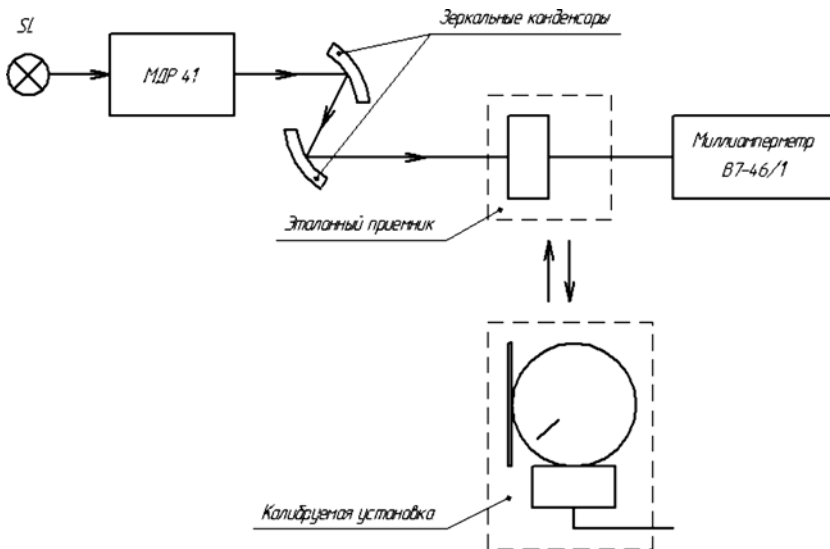


Рис. 4. Схема установки для калибрования



Рис. 5. Средство измерения усредненной силы света СИД, общий вид

тра и датчика, зафиксированных в корпусе. В качестве датчика использован фотодиод ФД 288. Основные его характеристики и условия эксплуатации приведены в таблице 1.

Разнесенный вид средства измерения по компонентам представлен на рисунке 3.

Калибровка средства измерения УСС СИД проводилась на материальной базе Националь-

ного научного центра «Институт метрологии». В качестве опорного источника излучения применялся стандартный источник типа А — лампа КГМ. Калибровка выполнялась по эталонному приемнику ФД 288 №2 с известной ампер-ваттной спектральной характеристикой методом замещения.

Схема установки для передачи шкалы светового потока соз-

данной установке для измерения светового потока СИД и УСС СИД представлена на рисунке 4.

Вид средства измерения УСС СИД в рабочем положении приведен на рисунке 5.

Измеренный сигнал для перерасчета в УСС СИД подставляется в формулу (1) или (2), в зависимости от предварительно выбранной геометрии:

$$I_{CA A} = F \cdot d_A^2 \cdot \frac{y}{S_E}, \text{кд}, \quad (1)$$

или

$$I_{CA B} = F \cdot d_B^2 \cdot \frac{y}{S_E}, \text{кд}, \quad (2)$$

где F — корригирующий коэффициент спектрального несоответствия; d_A и d_B — расстояния геометрии А и В (0,316 и 0,1 м), соответственно; y — измеренный сигнал; S_E — чувствительность разработанного фотометра, А/лк.

Расчет корригирующего коэффициента F проводится по формуле (3). Необходимо заметить, что коэффициент спектрального несоответствия рассчитывается индивидуально для каждого типа СИД.

$$F = \frac{\int S_T(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int S_{ST}(\lambda) V(\lambda) d\lambda} \cdot \frac{\int S_T(\lambda) S_{отн}(\lambda) d\lambda}{\int S_{ST}(\lambda) S_{отн}(\lambda) d\lambda}, \quad (3)$$

где $S_T(\lambda)$ — относительное спектральное распределение тестируемого СИД; $S_{ST}(\lambda)$ — относительное спектральное распределение эталонного датчика; $S_{отн}(\lambda)$ — относительная спектральная чувствительность фотометрической головки; $V(\lambda)$ — относительная спектральная световая эффективность излучения для стандартного фотометрического наблюдателя МКО.

Перечень неопределенностей калибровки средства измерения представлен в таблице 2.

В завершение необходимо заметить, что работа над данным средством измерения продолжается. В ближайшее время планируется замена фотометрического шара $\varnothing 70$ мм на $\varnothing 150$ мм, избавление от корригирующего фильтра путем замены датчика и усовершенствование конструкции в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. CIE 127:2007 2nd edition. Measurement of LEDs, 2007//ISO, 1993. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 1993.

Таблица 2. Перечень неопределенностей калибровки средства измерения УСС СИД		
Компонент неопределенности	Тип	Составляющая неопределенности эталона
Эталонный фотометр	B	0,20 (A) 0,28 (B)
Долговременный дрейф эталонного фотометра СИД	B	0,08
Температурные отклонения эталонного фотометра СИД	B	0,03
Спектральные отклонения эталонного фотометра СИД, F*	A	0,08—1,0
Измерение расстояния	A	0,10 (A) 0,20 (B)
Стабилизация постоянного тока	A	0,05
Засветка и многократные отражения	B	0,05 (A), 0,10 (B)
Трансимпендансное усиление	B	0,01
Выравнивание осей	A	0,20—2,00
Температура окружающей среды (± 1 К)	B	0,02—0,50
Стабильность светодиодов	A	0,24—0,70
Относительная объединенная неопределенность эталона	0,41—2,4 (A)	0,50—2,4 (B)
Относительная расширенная неопределенность ($k = 2$)	0,82—4,8 (A)	0,99—4,8 (B)

Примечание: в скобках указаны геометрии А и В.