

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЕТОВОГО ЦЕНТРА ИСТОЧНИКА ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МЕТОДОМ ПАРАЛЛАКСА

Институт физики НАН Беларуси им. Б.И. Степанова, Минск, Беларусь

В работе рассмотрено устройство, позволяющее определить световой центр источника оптического излучения, имеющего форму излучающей поверхности любой сложности. Устройство разработано на основе метода параллакса, позволяет, как выполнить юстировку источника оптического излучения на оптической оси фотометрической установки, так и определить расстояние измерения между световым центром источника излучения и входной апертурой приемника излучения.

Введение

При выполнении традиционных фотометрических измерений с использованием эталонных ламп накаливания необходимо, чтобы нить накала лампы занимала строго заданное положение относительно входной апертуры приемника излучения и оптической оси фотометрической установки. Неточность в позиционировании нити накала, при юстировке относительно оптической оси измерительной системы, приводят к увеличению неопределённости измерений фотометрических характеристик источников света. Типичный метод юстировки нити накала ламп основан на использовании диоптрийных трубок (телескопов). Используя этот метод, установка нити накала в требуемое положение осуществляется последовательными приближениями, что требует особой концентрации внимания и большого количества времени. Для упрощения задачи юстировки производители эталонных ламп делали отметку на колбе лампы или устанавливали (определяли) базовую плоскость.

Такое положение дел всех устраивало долгие годы и к нему привыкли. Но широкое применение светодиодов в последние десятилетия вновь сделало вопрос юстировки актуальной проблемой. Сложность юстировки светодиодов, в общем случае, обусловлена особенностью их конструкции: небольшой светодиодный чип помещен в пластиковый корпус с полусферической поверхностью. Даже рекомендации CIE 127:2007 [1], на основе которых разрабатывались международные и национальные стандарты, не улучшили ситуацию. В соответствии с этими рекомендациями расстояние измерения устанавливается между плоскостью апертуры приемника излучения и центром корпуса светодиода при ориентации на его механическую ось. Также в [1] отмечено, что механическая ось светодиода и его оптическая ось могут существенно отличаться. Юстировка и определения расстояния фотометрирования, при ориентации на использование механическую ось, не вызывает серьезных затруднений. Однако для корректного измерения оптических характеристик светодиода необходимо определить световой центр светодиода путем измерения пространственного распределения его излучения [2]. В последние годы задача еще больше усложнилась, так как появились светодиодные источники, состоящие из десятков светодиодных чипов или светодиодов. В том числе и эталонные источники излучения (лампы), например [3, 4]. Излучающая поверхность таких источников очень неровная. Поэтому сложно правильно определить точку, относительно которой необходимо выполнить юстировку, и, соответственно, измерить оптические характеристики источника излучения в целом.

Возможным решением проблемы юстировки источников излучения, имеющих сложную форму излучающей поверхности, может стать использование устройства, разработанного на основе метода параллакса. В общем случае метода параллакса заключается в следующем: определяется положение каждой отдельной малой излучающей поверхности (отдельного сегмента источника), излучение которой попадает в апертуру приемника излучения, и вычисляется среднее положение для всех малых поверхностей. Т.е. излучающую поверхность источника излучения, имеющего форму любой сложности, можно представить в виде плоскости.

Конструкция устройства для определения светового центра источника излучения

Для реализации метода параллакса, нами разработано устройство для определения светового центра источника излучения. На рисунке 1 представлена схема устройства, а на рисунке 2 представлена схема применяемой маски.

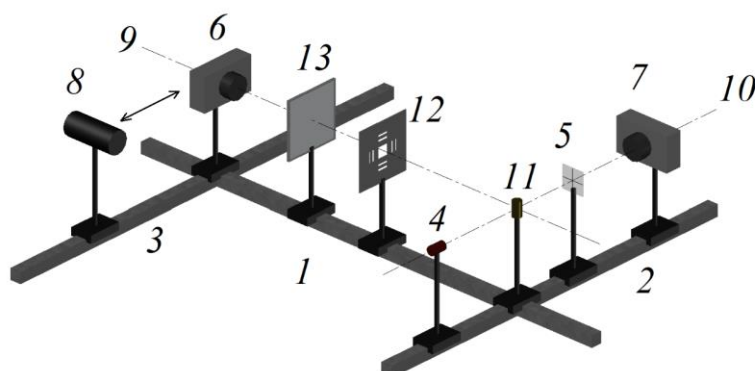


Рисунок 1 – Схема устройства

1, 2, 3 – оптические рельсы; 4 – юстировочный лазер; 5 – метка с перекрестием; 6, 7 – видеокамеры; 8 – приемник излучения; 9, 10 – оптические оси; 11 – источник излучения; 12 – маска; 13 – экран.

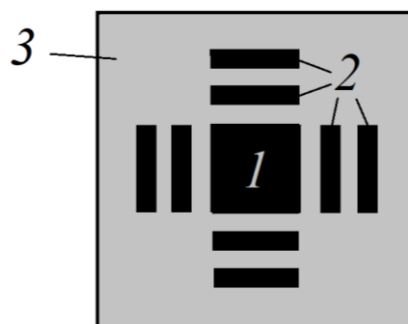


Рисунок 2 – Схема маски

Устройство работает следующим образом. Излучение источника 11 проходит через маску и проецируется на экран 13 в виде изображения квадрата и щелей. Центр квадрата маски предназначен для выравнивания источника излучения путем совмещения его центра с изображением квадрата на полупрозрачном экране. Отклонение изображения щелей на экране позволяет определить расстояния до источника излучения. Цифровая камера 9 передает изображение экрана на компьютер для последующих расчетов.

Маска (рисунок 2) представляет собой непрозрачную пластину 3, в которой имеются расположенные периодически по вертикальной и горизонтальным осям щели 2. Квадратное отверстие 1 расположено на пересечении осей.

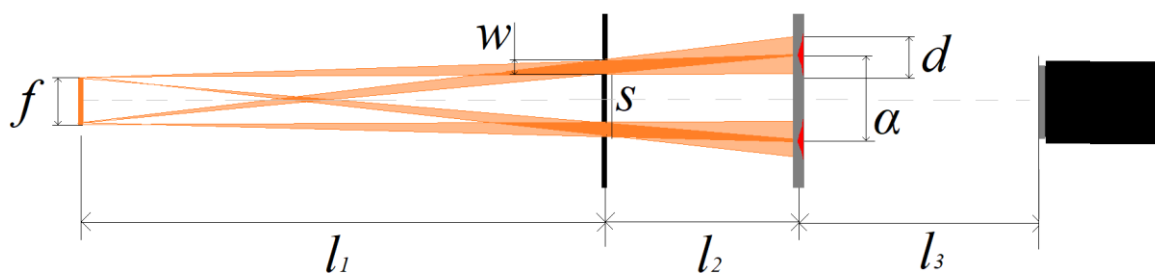
Определение расстояния между источником излучения и приемником излучения

Используя рассматриваемое устройство, расстояние между источником и приемником излучения можно определить следующим образом. На рисунке 3 представлена оптическая схема устройства.

Расстояния между источником и приемником излучения l_{md} рассчитывается по формуле

$$l_{md} = l_1 + l_2 + l_3 = l_2 \cdot \left(\frac{\alpha}{s \cdot n} - 1 \right)^{-1} + l_2 + l_3. \quad (1)$$

Расстояние l_3 определяется традиционными методами, например концевыми мерами.



l_1 – расстояние от маски до светового центра; l_2 – расстояние от маски до экрана;
 l_3 – расстояние между входной апертурой приемника излучения и экраном s – шаг расположения щелей маски;
 n – порядок меток; α – отклонение луча на экране соответствующего порядка;
 f – габаритный размер излучающей поверхности источника; w – размер щели маски

Рисунок 3 – Оптическая схема устройства

Диапазоны возможных расстояний измерения оцениваются по следующим критериям

$$l_1 \leq s \cdot l_2 \cdot (l_{\min})^{-1}, \quad (2)$$

где $l_{\min}$ – минимально измеряемое расстояние.

Влияния габаритных размеров излучающей поверхности источника можно оценить как

$$l_2 < l_1 \cdot (f \cdot w^{-1} - 1)^{-1}. \quad (3)$$

Заключение

Таким образом, применяя метод параллакса можно определить световой центр источника оптического излучения, имеющий форму излучающей поверхности любой сложности. Разработанное на основе метода параллакса устройство позволяет, как выполнить юстировку такого источника на оптической оси фотометрической установки, так и определить расстояние измерения между световым центром источника излучения и апертурой приемника излучения.

Список литературы

1. CIE, Technical Report CIE Publication 127, 2nd Ed., Measurement of LEDs, 2007.
2. S.V. Nikanenko, et al., Influence of spatial characteristics of solid-state light sources on results of measurements of their photometric and radiometric properties, in Proceedings of 28th CIE session, CIE 216:2015, Vol. 1, Part 2, 1389–1395, 2015.
3. A. Sperling, et al., Multiple Transfer Standard for Calibration and Characterisation of Test Setups in Industry, Proceedings of NEWRAD 2017, ed. Local Organizing Committee, 2017. – P. 94 – 95.
4. Yanfei Wang, et al., Intersection Point Method for Measuring Spectral Irradiance of High-Power UV-LED with a Spectroradiometer, Proceedings of NEWRAD 2017, ed. Local Organizing Committee, 2017. – P. 104– 105.