

Владимир Кузьмин, д. т. н. | kvnlight@mail.ru |  
 Олег Круглов, к. т. н. | 89052751524@ya.ru | Сергей Баев

# Измерения коррелированной цветовой температуры белых светодиодов приборами интегрального типа

приборами интегрального типа

Коррелированная цветовая температура является одной из наиболее сложных для нахождения характеристик источников излучения. Координаты цвета АЧТ (абсолютно черного тела) при данной температуре  $T$  рассчитывались по формулам:

$$\begin{aligned} X &= k_1 \times \int \Phi_{ee}(\lambda)x(\lambda)d\lambda, \\ Y &= k_2 \times \int \Phi_{ee}(\lambda)y(\lambda)d\lambda, \\ Z &= k_3 \times \int \Phi_{ee}(\lambda)z(\lambda)d\lambda, \end{aligned} \quad (1)$$

где:  $\Phi_{ee}(\lambda)$  — спектральная плотность потока излучения,  $k = 100/\int S(\lambda)y(\lambda)d\lambda$  — нормировочный коэффициент для приведения координаты  $Y$  к значению 100.

Координаты цветности рассчитывались:

$$\begin{aligned} x &= X/(X+Y+Z), \\ y &= Y/(X+Y+Z). \end{aligned} \quad (2)$$

Координаты цветности линии АЧТ в системе  $x, y$  МКО 1931 г. переводились в систему  $u, v$  МКО 1960 г. по следующим формулам:

$$\begin{aligned} u &= 4x/(-2x+12y+3), \\ v &= 6y/(-2x+12y+3). \end{aligned} \quad (3)$$

Такой же пересчет цветности производился для исследуемого источника излучения. Затем определялся массив координат цветности АЧТ и соответствующий массив температур.

Минимальное расстояние в пространстве  $u, v$  между точкой цветности исследуемого источника  $(u_0, v_0)$  и точками цветности массива линии АЧТ  $(u_p, v_p)$  (рис. 1) определялось по формуле:

$$\Delta = [(u_0 - u_p)^2 + (v_0 - v_p)^2]^{1/2}. \quad (4)$$

Затем сопоставлялся рассчитанный массив цветности и массив температур АЧТ и вычислялась температура исследуемого источника  $T_p$  соответствующая определенной точке цветности  $(u_p, v_p)$ .

При реальных спектральных характеристиках фотоприемника координаты цветности определяются с некоторой погрешностью. Погрешности  $\Delta(x, y)$  могут достигать величин  $\pm(0,02-0,03)$ . Следствием этого является

ошибка при определении коррелированной цветовой температуры, способная достигать значений  $\pm 500$  К. Как правило, выполнить идеальную коррекцию спектральной чувствительности фотоприемников к заданному

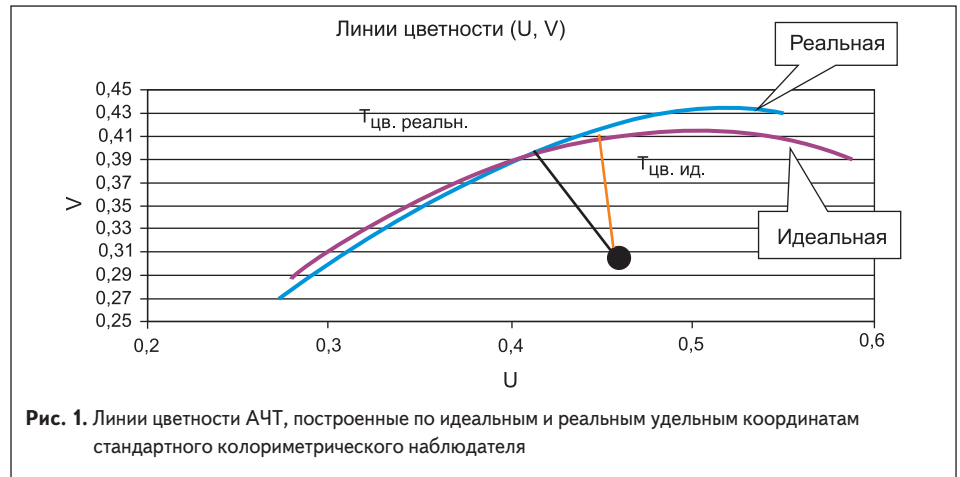


Рис. 1. Линии цветности АЧТ, построенные по идеальным и реальным удельным координатам стандартного колориметрического наблюдателя



Рис. 2. Реальные спектральные характеристики скорректированных фотоприемников интегрального колориметра

виду с помощью набора существующих цветных стекол практически невозможно. На рис. 2 показаны реальные спектральные характеристики скорректированных фотоприемников колориметра.

Исследования, проведенные авторами, показали, что введение дополнительной линии цветности позволяет минимизировать погрешность определения температуры. Дополнительная линия цветности АЧТ, показанная на рис. 1 (реальная), строится аналогично идеальной линии цветности, но по реальным удельным координатам. Затем по рассмотренной методике находится цветовая коррелированная температура. Практические результаты показывают, что применение этой методики позволяет с точностью, регламентируемой нормативными документами, определять с реальными фотоприемниками цветовую коррелированную температуру тепловых источников оптического излучения.

В настоящее время достаточно актуальна проблема оперативной разбраковки белых светодиодов в производстве по коррелированной цветовой температуре. На рис. 3 показаны типичные характеристики белых светодиодов с различными цветовыми температурами.

Авторами предложен упрощенный способ для оперативного измерения коррелированной цветовой температуры белых светодиодов, построенный на эмпирической зависимости реакции «синего» и «красного» фотоприемника на излучение светодиодов от коррелированной цветовой температуры белых светодиодов. Спектральные характеристики чувствительности показаны на рис. 4.

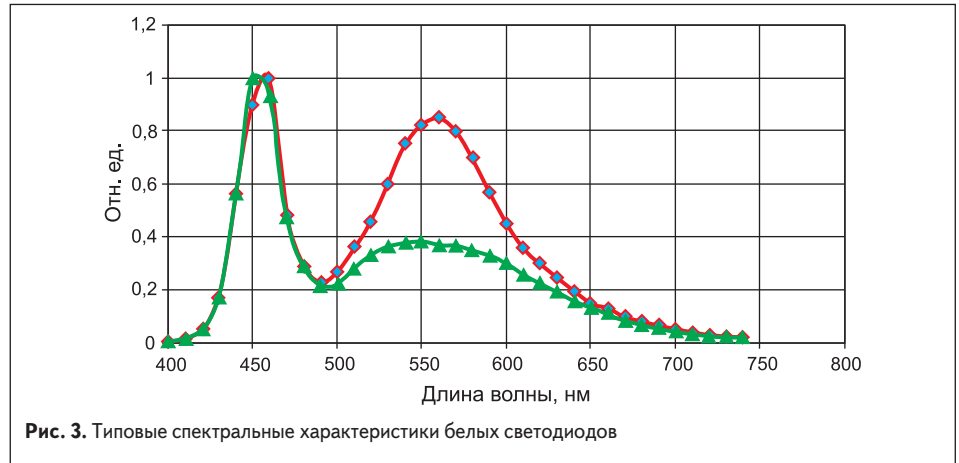


Рис. 3. Типовые спектральные характеристики белых светодиодов



Рис. 4. Спектральная чувствительность «синего» и «красного» фотоприемников