

УДК 621.317

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЧИСЛА ДИСКРЕТНЫХ ОТСЧЕТОВ НА ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ СПЕКТРОФОТОМЕТРОВ

Богдан П. С., Зайцева Е. Г., Степаненко Д. А., Билейчик А. А.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. На основании разработанной методики при измерении оптических спектров установлено, что при измерении спектра излучения RGB-SMD-светодиода с ростом числа дискретных отсчетов вначале происходит уменьшение среднеквадратичного отклонения между анализируемым и рассчитанным спектрами, затем его увеличение. Возможной причиной такого результата является наложение распределений спектрального пропускания после спектральных щелей монохроматора, имеющее место, когда число отсчетов превышает отношение общего измеряемого диапазона к ширине дискретного интервала.

Ключевые слова: дискретизация, оптический спектр излучения, спектрофотометр, спектральная щель монохроматора.

ANALYSIS OF THE EFFECT OF THE NUMBER OF DISCRETE SAMPLES ON THE MEASUREMENT ERROR OF SPECTROPHOTOMETERS

Bogdan P., Zaytseva E., Stepanenko D., Bileichik A.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. It found that when measuring the emission spectrum of RGB-SMD LEDs, with an increase in the number of discrete samples, the standard deviation between the analysed and calculated spectra decreases first, after that increases based on the developed technique for measuring optical spectra. A possible reason for this result is the overlap of spectral transmission distributions after the spectral slits of the monochromator, which occurs when the number of samples exceeds the ratio of the total measured range to the width of the discrete interval.

Key words: sampling, optical radiation spectrum, spectrophotometer, spectral slit of the monochromator.

*Адрес для переписки: Богдан П.С., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: pbogdan@bntu.by*

Для повышения производительности процессорной обработки результатов измерений рационально создавать и использовать простые алгоритмы. При измерении спектрофотометрами интенсивности спектров оптического излучения их значения дискретизируются по длине волны. Целью исследований являлся анализ зависимости точности результатов измерения от количества отсчетов измерения по длине волны.

В качестве примера для анализа использовалось неравномерное по длине волны спектральное распределение $S(\lambda)$ излучения RGB-SMD-светодиода LM1-TPP1-01 TTQ [1] (рисунок 1). Спектр излучения нормировался приведением его площади к 1. На следующем этапе производилась равномерная по ширине выборка из значений интенсивностей спектра излучения (их количество при расчетах в программном пакете *MatLab* изменялось от 2 до 700) на отдельных длинах волн. На рисунке 2 в качестве примера графически показан итог для выборки из 10 значений.

Каждое дискретное значение длины волны является серединой интервала, внутри которого происходит усреднение результатов измерения. Так как спектральное пропускание внутри щели является неравномерным, в расчетах было принято, что зависимость пропускания от длины волны в данном случае имеет колоколообразную форму, описываемую

перевернутой квадратичной функцией. Очевидно, что ширина данного интервала влияет на точность измерений спектрофотометра. Ширина основания колокола была выбрана равной 10 нм, что превышает соответствующие значения для современных спектрофотометров, равные 1–6 нм [2].

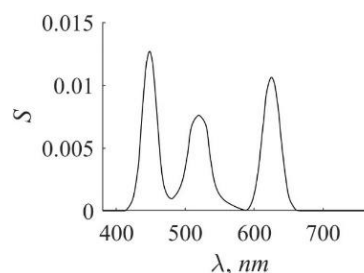


Рисунок 1 – График нормированного излучения $S(\lambda)$ RGB-SMD-светодиода LM1-TPP1-01 TTQ [1]

Графическое представление произведения спектра светового излучения на колоколообразные коэффициенты пропускания приведено на рисунке 3 для 10 отсчетов.

Так как чувствительный элемент спектрофотометра суммирует излучение за каждым интервалом пропускания, то значения интенсивности на светочувствительных элементах вычислялись интегрированием кривых под каждым графиком прошедшего через интервал излучения.

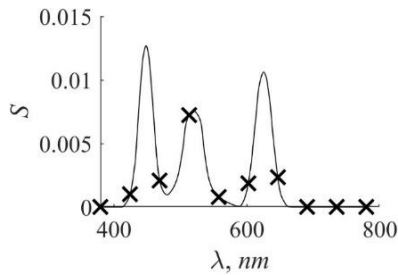


Рисунок 2 – График нормированного излучения $S(\lambda)$ RGB-SMD-светодиода LM1-TPP1-01 ТТQ и выделенные крестиками значения 10 дискретных отсчетов

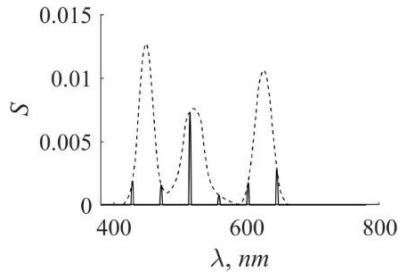


Рисунок 3 – Графики нормированного излучения $S(\lambda)$ RGB-SMD-светодиода LM1-TPP1-01 ТТQ (пунктирная линия) и излучения, прошедшего через дискретные интервалы пропускания (сплошные линии) для 10 отсчетов

Результат такого интегрирования с учетом последующей линейной интерполяции и нормирования рассчитанного для 10 значений спектра $S'(\lambda)$ излучения представлен на рисунке 4.

Затем при изменении числа отсчетов от 2 до 700 было рассчитана графически представленная на рисунке 5 зависимость среднеквадратичного отклонения σ между анализируемым $S(\lambda)$ и рассчитанным $S'(\lambda)$ спектрами излучения в оптическом спектральном диапазоне от λ_{min} до λ_{max} по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} \left(\frac{S(\lambda) - S'(\lambda)}{S(\lambda)} \right)^2 d\lambda}{\lambda_{max} - \lambda_{min}}}$$

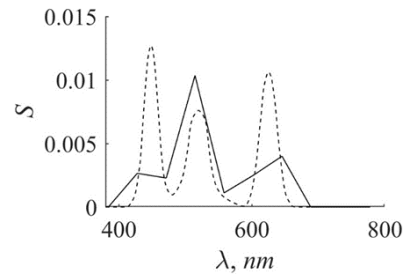


Рисунок 4 – Графики нормированного излучения $S(\lambda)$ RGB-SMD-светодиода (пунктирная линия) и рассчитанного спектра $S'(\lambda)$ (сплошная)

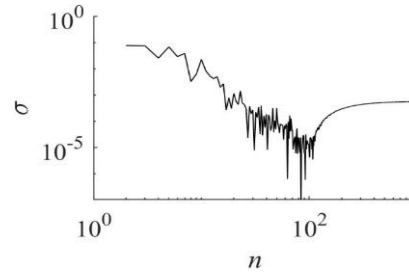


Рисунок 5 – График зависимости среднеквадратичного отклонения σ между анализируемым $S(\lambda)$ и рассчитанным $S'(\lambda)$ спектрами излучения от количества n дискретных отсчетов для спектра излучения RGB- светодиода

Из рисунка 5 следует, что сначала происходит уменьшение σ с ростом числа отсчетов, затем увеличение, что, возможно, вызвано наложением распределений спектрального пропускания. Предложенную методику возможно применять не только для видимой части спектра, но и для ультрафиолетовой и инфракрасной областей.

Литература

1. Никифоров, С. «S-класс» полупроводниковой светотехники / С. Никифоров // Компоненты и технологии. – 2009. – № 6. – С. 88–91.
2. Михайлова, Д. С. / Разработка метода, позволяющего улучшить разрешающую способность дифракционного спектрофотометра / Д. С. Михайлова // Компьютерная оптика. – 2016. – Т. 40, № 6. – С. 850–854.