



Сыромясов Дмитрий Олегович

аспирант, Институт физики и химии, Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева"

dmsdirect@yandex.ru

УДК 535.651.1

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ RGB-СВЕТОДИОДА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ЦВЕТОВОГО ЗРЕНИЯ

В статье приводятся результаты измерений спектров излучения RGB-светодиода и расчёт координат цветности всех трёх типов излучения. Измеренные спектры излучения сравниваются со спектрами, приведёнными в Datasheet на светодиод, отмечаются сходства и различия. Делается вывод о возможности использования светодиода в изучении физиологии зрения.

Ключевые слова: светодиод, спектр излучения, доминирующая длина волны, полуширина полосы излучения, координаты цветности, фоторецепторы.

В связи с интенсивным развитием твердотельной светотехники и созданием светодиодов для освещения возникает необходимость проведения исследования чувствительности зрения к излучению различных светодиодов. Ряд подобных задач связан с построением моделей цветового зрения человека и исследования особенностей чувствительности и кинетики зрения. Согласно классической трёхкомпонентной теории цветового зрения, в сетчатке человеческого глаза присутствуют колбочки трёх типов, реагирующих на красную, зелёную и синюю части спектра. Диапазоны и значения длин волн максимальной чувствительности соответствующих типов колбочек приведены в таблице 1.



Таблица 1. Зоны чувствительности рецепторов глаза согласно трёхкомпонентной теории зрения

<i>Обозначения фоторецепторов (колбочки)</i>	<i>Диапазон чувствительности, нм</i>	<i>Пиковая длина волны, нм</i>
S (фиолетово-синий)	400–500	420–440
M (жёлто-зелёный)	450–630	534–545
L (красно-жёлтый)	500–700	564–580

Для выявления тех или иных физиологических закономерностей реакции зрительной системы человека на оптическое излучение в ряде случаев уместно использовать квазимонохроматическое излучение спектральных областей, примерно совпадающих с областями чувствительности соответствующих типов колбочек. Например, в ходе экспериментального изучения инерционных свойств зрения целесообразно наблюдать за реакциями отдельных типов колбочек на «свой» цвет излучения. С этой целью в настоящей работе проводится измерение спектров излучения RGB-светодиода и сравнение полученных спектров с кривыми относительной видности соответствующих типов колбочек. В колориметрических задачах важно знать координаты цветности излучения источника, поэтому по измеренным спектрам проводится расчёт координат цветности всех трёх типов излучения.

В качестве испытуемого был выбран RGB-светодиод 599R2GBC-CA. Удобство применения светодиода данного типа состоит в том, что все три кристалла, каждый из которых дает квазимонохроматическое излучение того или иного цвета, интегрированы в одном корпусе. Это позволяет проводить серии экспериментов посредством простого переключения питающих напряжений без механических замен одного светоизлучающего элемента на другой.



ISSN: 2500-4212. Свидетельство о регистрации СМИ: Эл № ФС 77 - 67083 от 15.09.2016
 Научное обозрение. Раздел III. Слово молодым ученым. 2017. №2. ID 44

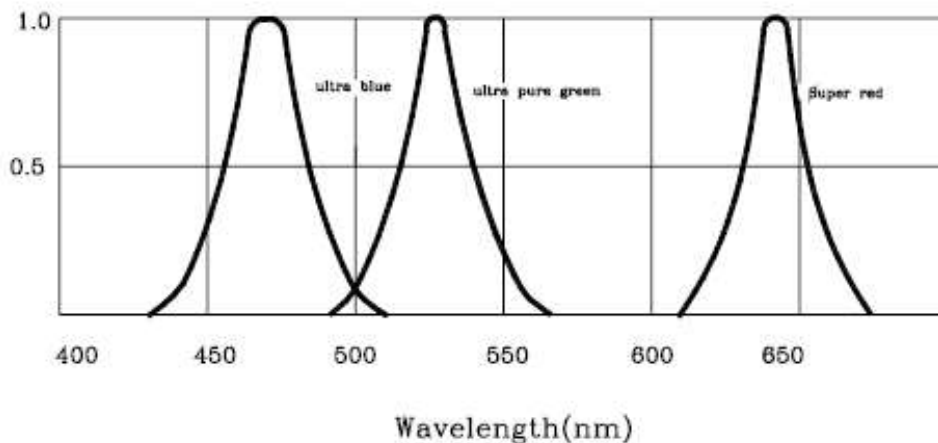


Рис.1. Спектры излучения RGB-светодиода из Datasheet

На рис.1 показаны спектры излучения светодиода в относительных единицах, а в таблице 2 – спектральные характеристики светодиода, приведённые в Datasheet [1].

Таблица 2. Спектральные характеристики излучения светодиода при прямом токе $I_F=20\text{mA}$

<i>Цвет свечения</i>	<i>Доминирующая длина волны, нм</i>	<i>Полуширина полосы излучения, нм</i>
Чистый синий	460	30
Сверхчистый зелёный	525	22
Насыщенный красный	625	20

Так как спектры излучения двух и более светодиодов одного типа могут значительно отличаться от спектров, приведённых в технической документации, необходимы дополнительные измерения спектров излучения. Это обусловлено тем, что для предполагаемых задач, указанных выше, приведённых данных может оказаться недостаточно для точного анализа. В настоящей работе измеряются относительные распределения мощности излучения световых пучков, испускаемых разными кристаллами светодиода, по длинам волн.



Результаты измерений и расчётные данные

Снятие спектров излучения проводилось в автоматическом режиме с помощью монохроматора ДМР-4, шагового двигателя и осциллографа АКИП-4116/1.

С учётом искажений, вносимых монохроматором, спектры соответствующих типов излучения предстанут в виде рис.2–4.

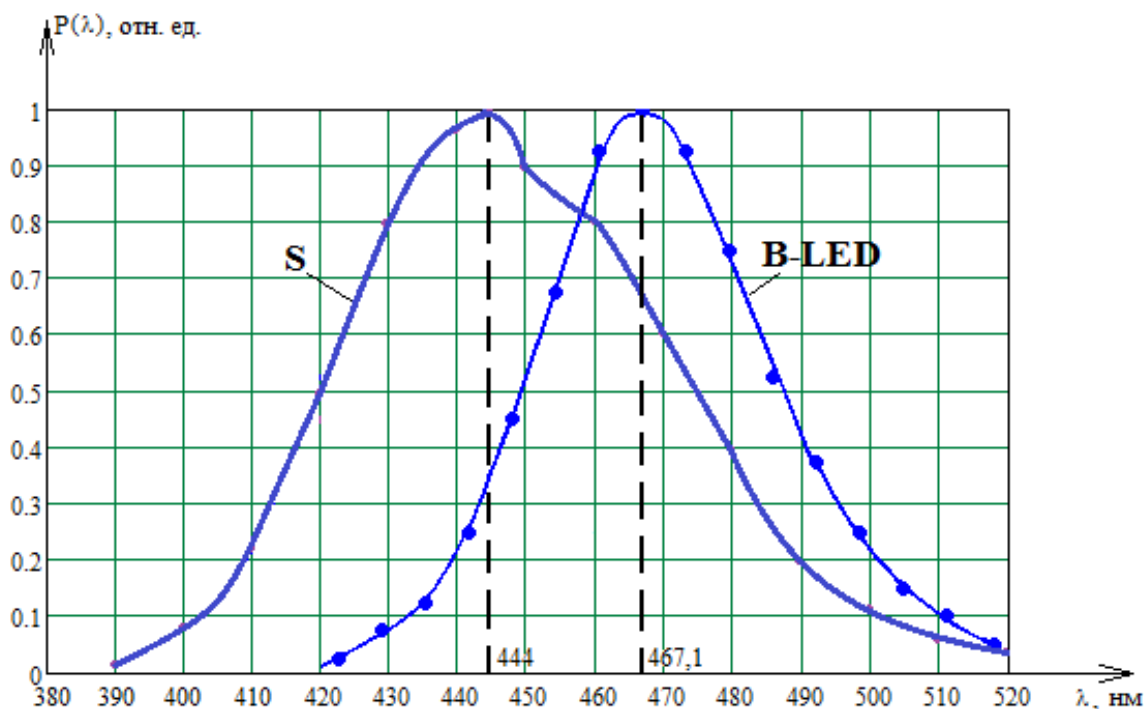


Рис.2. Кривая относительной видности S-фоторецептора и спектр синего излучения светодиода 599R2GBC-CA после пересчёта

Здесь:

S – кривая относительной видности фоторецептора, реагирующего на синее излучение;

B-LED – спектр синего излучения светодиода.



ISSN: 2500-4212. Свидетельство о регистрации СМИ: Эл № ФС 77 - 67083 от 15.09.2016
Научное обозрение. Раздел III. Слово молодым ученым. 2017. №2. ID 44

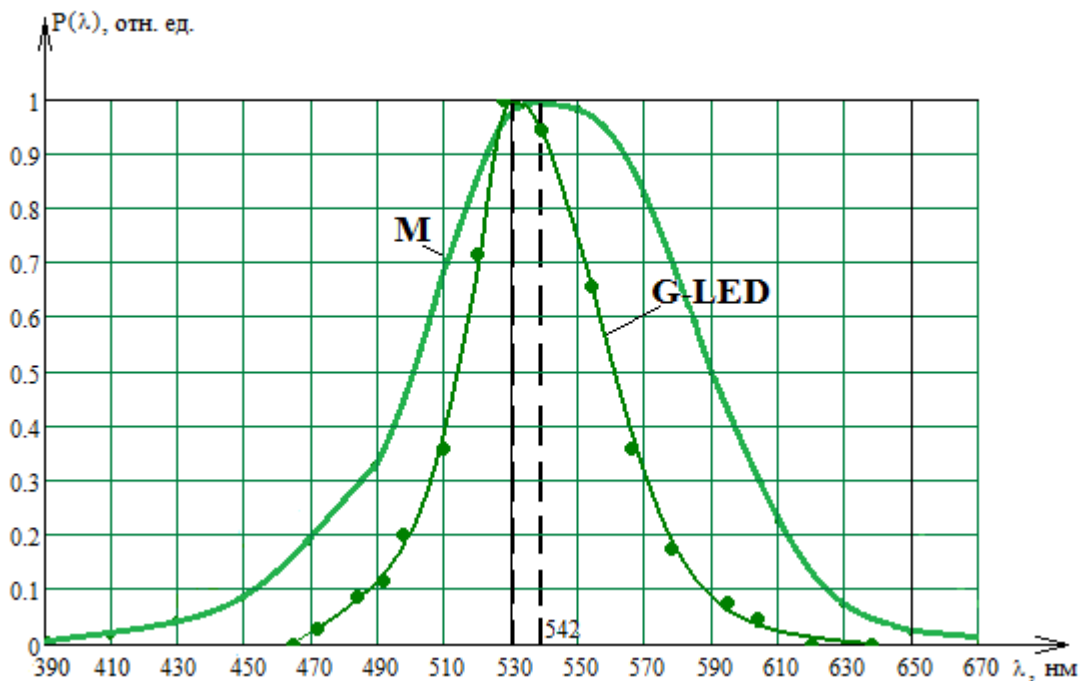


Рис.3. Кривая относительной видности М-фоторецептора и спектр зелёного излучения светодиода 599R2GBC-CA после пересчёта

М – кривая относительной видности фоторецептора, реагирующего на зелёное излучение;

G-LED – спектр зелёного излучения светодиода.



ISSN: 2500-4212. Свидетельство о регистрации СМИ: Эл № ФС 77 - 67083 от 15.09.2016
 Научное обозрение. Раздел III. Слово молодым ученым. 2017. №2. ID 44

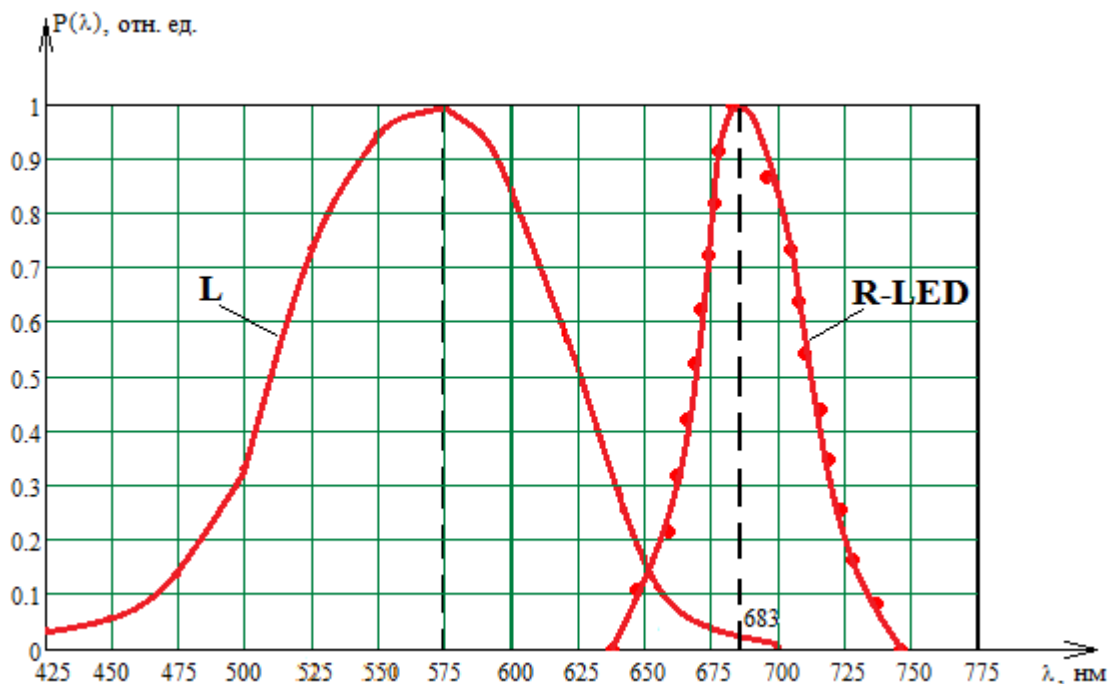


Рис.4. Кривая относительной видности L-фоторецептора и спектр красного излучения светодиода 599R2GBC-CA после пересчёта

L – кривая относительной видности фоторецептора, реагирующего на красное излучение;

R-LED – спектр красного излучения светодиода.

В таблице 3 приведены характеристики спектров, измеренных экспериментально.

Таблица 3. Спектральные характеристики излучения светодиода, измеренные экспериментально

<i>Цвет свечения</i>	<i>Доминирующая длина волны, нм</i>	<i>Полуширина полосы излучения, нм</i>
Чистый синий	467,1	38
Сверхчистый зелёный	530	50
Насыщенный красный	683	50



Как видно из полученных графиков, зелёное излучение RGB-светодиода полностью попадает в область кривой относительной видности M-фоторецептора. Расстояние между соответствующими максимумами составляет 12 нм, что для ряда задач является достаточной точностью. Спектр синего излучения RGB-светодиода смещён вправо относительно кривой относительной видности S-фоторецептора и расстояние между максимумами этих спектров составляет 23,1 нм, что хуже, чем в случае зелёного излучения. Спектр красного излучения RGB-светодиода также смещён вправо относительно кривой относительной видности L-фоторецептора. Расстояние между максимумами в этом случае составляет 108 нм, что хуже, чем в случае зелёного и синего излучений.

Сравнивая измеренные данные с данными, приведёнными в Datasheet, можно сказать, что для синего и зелёного излучения максимумы спектров практически совпадают: расстояние между максимумами составляет соответственно 7,1 нм и 5 нм. Для красного излучения наблюдается сильное расхождение: 58 нм. Для всех цветов излучения наблюдается уширение спектров по сравнению с заявленными в Datasheet.

Расчёт координат цветности для каждого типа излучения проводится на цветовой диаграмме МКО 1931 г. Методика расчёта приведена в [2]. Суть задачи состоит в определении для каждого цвета излучения относительных цветовых координат x , y , z :

$$x = \frac{\bar{x}}{\bar{x} + \bar{y} + \bar{z}} \quad (1)$$

$$y = \frac{\bar{y}}{\bar{x} + \bar{y} + \bar{z}} \quad (2)$$

$$z = \frac{\bar{z}}{\bar{x} + \bar{y} + \bar{z}} \quad (3)$$

Здесь \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} – координаты цвета в цветовом пространстве МКО 1931 г. Для практических расчётов применяются приближённые формулы:

$$\bar{x} = k_c \sum_{i=1}^n P_\lambda(\lambda_i) \bar{x}(\lambda_i) \Delta\lambda_i \quad (4)$$

$$\bar{y} = k_c \sum_{i=1}^n P_\lambda(\lambda_i) \bar{y}(\lambda_i) \Delta\lambda_i \quad (5)$$

$$\bar{z} = k_c \sum_{i=1}^n P_\lambda(\lambda_i) \bar{z}(\lambda_i) \Delta\lambda_i \quad (6)$$

Здесь:

$P_\lambda(\lambda_i)$ – относительная мощность излучения на выбранной длине волны;

$\bar{x}(\lambda_i)$, $\bar{y}(\lambda_i)$, $\bar{z}(\lambda_i)$ – табличные значения кривых сложения для цветового пространства МКО 1931 г. [2];



$\Delta\lambda_i$ – интервал длин волн в спектре излучения, в котором значение относительной мощности излучения условно принимается постоянным;

k_c – коэффициент пропорциональности.

В связи с тем, что определяются относительные, а не абсолютные координаты цветности, полагаем $k_c = 1$.

Полученные приближённые координаты цветности для всех трёх типов излучения приведены в таблице 4.

Таблица 4. Рассчитанные координаты цветности трёх типов излучения светодиода

Цвет излучения	Значение x	Значение y	Значение z
Синее	0,1274	0,0799	0,7928
Зелёное	0,2634	0,6781	0,0585
Красное	0,7308	0,2692	0,00000168

Подводя итог, можно сказать, что исследуемый RGB-светодиод можно применять при постановке разного рода экспериментов в области изучения физиологии зрения «in vivo», при этом зелёное излучение можно использовать в качестве эталонного, а синее и красное излучения необходимо предварительно пропускать через корректирующие светофильтры.

Список использованных источников

1. 599R2GBC-CA REV:A / 0: 5.0 mm DIA LED LAMP [Электронный ресурс] // Electronic Components Datasheet Search : [сайт]. – Режим доступа: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/156663/HV/599R2GBC-CC.html>.
2. Горбунова Е. В. Типовые расчеты по колориметрии источников излучения : учеб. пособие / Е. В. Горбунова, А. Н. Чертов. – СПб. : Университет ИТМО, 2014. – 90 с.



Syromyasov Dmitry
postgraduate student, Institute of physics and chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "National Research Ogarev Mordovia State University"
dmsdirect@yandex.ru

THE STUDY OF RGB-LED EMISSION SPECTRA TO BUILD THE MODEL OF COLOR VISION

The article contains the results of measurements of the spectra RGB-led lights and the calculation of chromaticity coordinates for all types of RGB-led lights. The measured spectrums are compared with spectrums in the Datasheet, their similarities and differences are marked in the article. The conclusion is made for the possibility of led using to study the vision physiology.

Keywords: led, light spectrum, dominant wavelength, spectral line half-width, chromaticity coordinates, photoreceptors.

© АНО СНОЛД «Партнёр», 2017
© Сыромясов Д. О., 2017

Учредитель и издатель журнала:

Автономная некоммерческая организация содействие научно-образовательной и литературной деятельности «Партнёр»

ОГРН 1161300050130 ИНН/КПП 1328012707/132801001

Адрес редакции:

430027, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Ульянова, д.22 Д, пом.1
тел./факс: (8342) 32-47-56; тел. общ.: +79271931888;

E-mail: redactor@anopartner.ru



www.anopartner.ru

«ПАРТНЁР»
ИЗДАТЕЛЬСТВО



ISSN: 2500-4212. Свидетельство о регистрации СМИ: Эл № ФС 77 - 67083 от 15.09.2016

Научное обозрение. Раздел III. Слово молодым ученым. 2017. №2. ID 44

О журнале

- ✓ Журнал имеет государственную регистрацию СМИ и ему присвоен международный стандартный серийный номер ISSN.
- ✓ Материалы журнала включаются в библиографическую базу данных научных публикаций российских учёных Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
- ✓ Журнал является официальным изданием. Ссылки на него учитываются так же, как и на печатный труд.
- ✓ Редакция осуществляет рецензирование всех поступающих материалов, соответствующих тематике издания, с целью их экспертной оценки.
- ✓ Журнал выходит на компакт-дисках. Обязательный экземпляр каждого выпуска проходит регистрацию в Научно-техническом центре «Информрегистр».
- ✓ Журнал находится в свободном доступе в сети Интернет по адресу: www.srjournal.ru. Пользователи могут бесплатно читать, загружать, копировать, распространять, использовать в образовательном процессе все статьи.

Прием заявок на публикацию статей и текстов статей, оплата статей осуществляется через функционал Личного кабинета сайта издательства "Партнёр" (www.anopartner.ru) и не требует посещения офиса.