

Е. В. ГОРБУНОВА, В. В. КОРОТАЕВ, В. С. ПЕРЕТЯГИН, А. Н. ЧЕРТОВ

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ

Приведены результаты моделирования многокомпонентного цветного источника излучения на основе представления пространственного распределения освещенности в виде линейной комбинации функций Ламберта. Полученные уравнения могут использоваться при разработке источников на базе светодиодных структур.

**Ключевые слова:** многокомпонентный источник, светодиодная матрица, цветность.

Разработка новых технологий производства полупроводниковых светоизлучающих структур позволяет использовать их в различных системах отображения информации, для создания источников излучения специального назначения в автоматических системах промышленного контроля или измерения, а также для анализа цвета исследуемого объекта [1].

Сочетание таких характеристик, как высокая мощность излучения, практически любая форма его пространственного распределения, многообразие цветовых оттенков в широком диапазоне яркостей, является несомненным преимуществом светодиодных технологий [2]. Однако таким технологиям присущи некоторые особенности, проявляющиеся, когда требуется обеспечить определенный характер распределения облученности или цветовой картины (в рабочей зоне, зоне анализа или наблюдения) на заданном расстоянии от источника излучения [3].

Для описания формы пространственного распределения освещенности на заданном расстоянии от многоэлементных светодиодных структур предлагается использовать линейную комбинацию функций Ламберта или некоторых других функций, связанных с конструкцией излучателя [4]. В результате получаемое распределение характеризуется количеством и взаимным расположением элементов источника, функциями, описывающими оптические характеристики элементов, и расстоянием от многоэлементного источника до зоны анализа (экрана, рабочей зоны и т.п.).

В настоящей статье за основу для описания оптических характеристик элементов излучателя взята математическая модель ламбертовского источника излучения. Таким образом, освещенность зоны анализа, создаваемая одноэлементным источником, характеризуется следующим уравнением [5]:

$$E(r, \theta, \varphi) = [I(\theta, \varphi) \cos \theta] / z^2, \quad (1)$$

где  $r$  — расстояние от источника до облучаемого элемента зоны анализа;  $\theta$  — угол падения излучения на облучаемый элемент;  $\varphi$  — угол, характеризующий распределение света по плоскости зоны анализа;  $I(\theta, \varphi)$  — сила света в направлении облучаемого элемента зоны анализа;  $z$  — расстояние от источника до зоны анализа.

На основе соотношения (1) была построена функция, описывающая распределение освещенности по зоне анализа, для многоэлементного источника излучения, который может быть представлен прямоугольной матрицей  $n \times k$  одинаковых элементов:

$$E(x, y) = \sum_n \sum_k E_0 \cos^2 \left\{ \arctg \left[ \frac{\sqrt{(x-na)^2 + (y-ka)^2}}{z} \right] \right\}, \quad (2)$$

где  $n$  и  $k$  — число столбцов и строк в матрице;  $E_0$  — максимальная освещенность зоны анализа, создаваемая одним элементом матрицы;  $a$  — расстояние между элементами матрицы.

Полученные уравнения (1) и (2) использовались для построения моделей пространственного распределения освещенности по зоне анализа. Результат моделирования при использовании точечного ламбертовского источника представлен на рис. 1, а. Для более наглядного описания полученного распределения освещенности построено его осевое сечение (рис. 1, б). Данные модели являются теоретическими и разработаны для „идеального“ случая, когда излучатель — одноэлементный источник.

При подстановке в выражение (2) значений  $a = 20$  и  $z = 100$  мм при  $n=k=6$  можно построить модель распределения освещенности по зоне анализа, создаваемого многоэлементным источником (рис. 1, в). Графики на рис. 1, г описывают сечения данной поверхности.

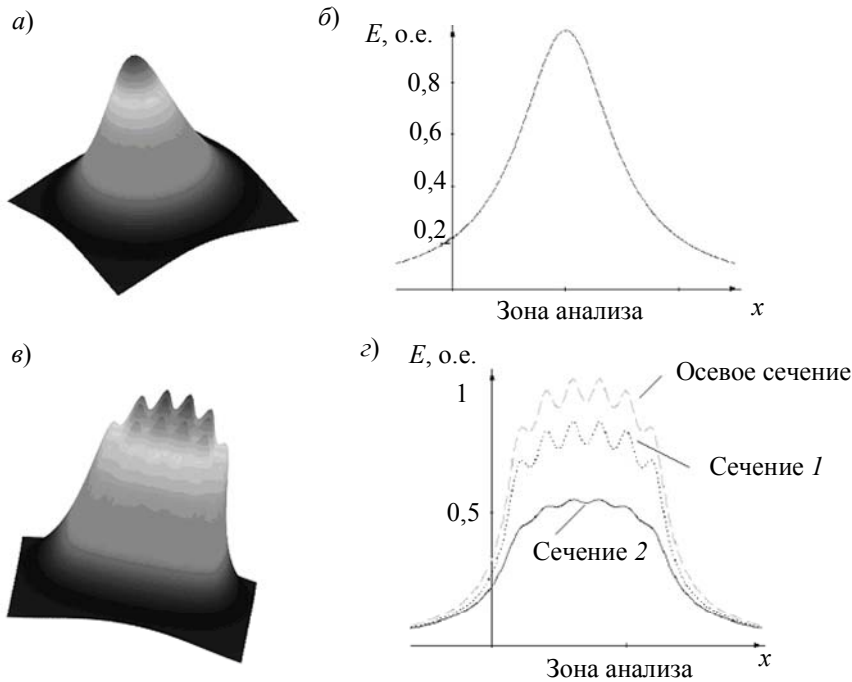


Рис. 1

По аналогии с указанными моделями можно построить функцию, аппроксимирующую распределение освещенности по зоне анализа, создаваемой реальным светодиодом или матрицей светодиодов. Однако для построения таких моделей вместо функций Ламберта необходимо применять выражения, описывающие распределения освещенности по зоне анализа, с использованием, например, косинусных зависимостей или функций Гаусса.

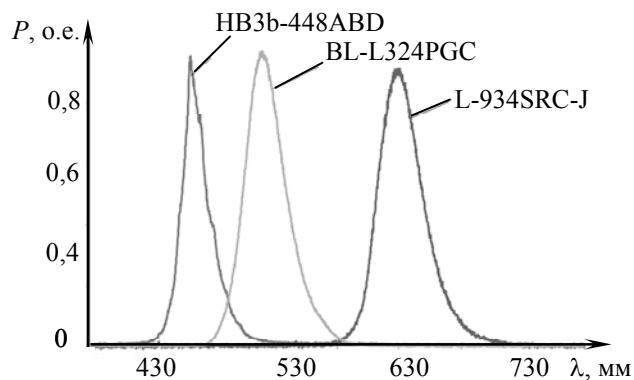


Рис. 2

Для исследований в качестве примера были взяты светодиоды трех цветов: красного — марки L-934SRC-J, зеленого — марки BL-L324PGC и синего — марки HB3b-448ABD. Для них были измерены спектральные характеристики ( $P(\lambda)$ ), представленные на рис. 2.

Для исследований в качестве примера были взяты светодиоды трех цветов: красного — марки L-934SRC-J, зеленого — марки BL-L324PGC и синего — марки HB3b-448ABD. Для них были измерены спектральные характеристики ( $P(\lambda)$ ), представленные на рис. 2. Трехмерные диаграммы направленности излучения светодиодов L-934SRC-J, BL-L324PGC и HB3b-448ABD показаны на рис. 3, а—в соответственно. С помощью этих моделей можно также построить модель, представленную на рис. 1, в, что позволит сравнить полученные диаграммы реальных индикатрис с диаграммами ламбертовского источника.

Для получения модели цветовой картины в зоне анализа может быть использовано соотношение (2). В него должны быть добавлены распределения трех цветовых составляющих: красной ( $R(x, y)$ ), зеленой ( $G(x, y)$ ) и синей ( $B(x, y)$ ) с учетом коэффициентов переналаживания спектров излучения источников красного, зеленого и синего свечения на цветовые составляющие  $R(x, y)$ ,  $G(x, y)$  и  $B(x, y)$ .

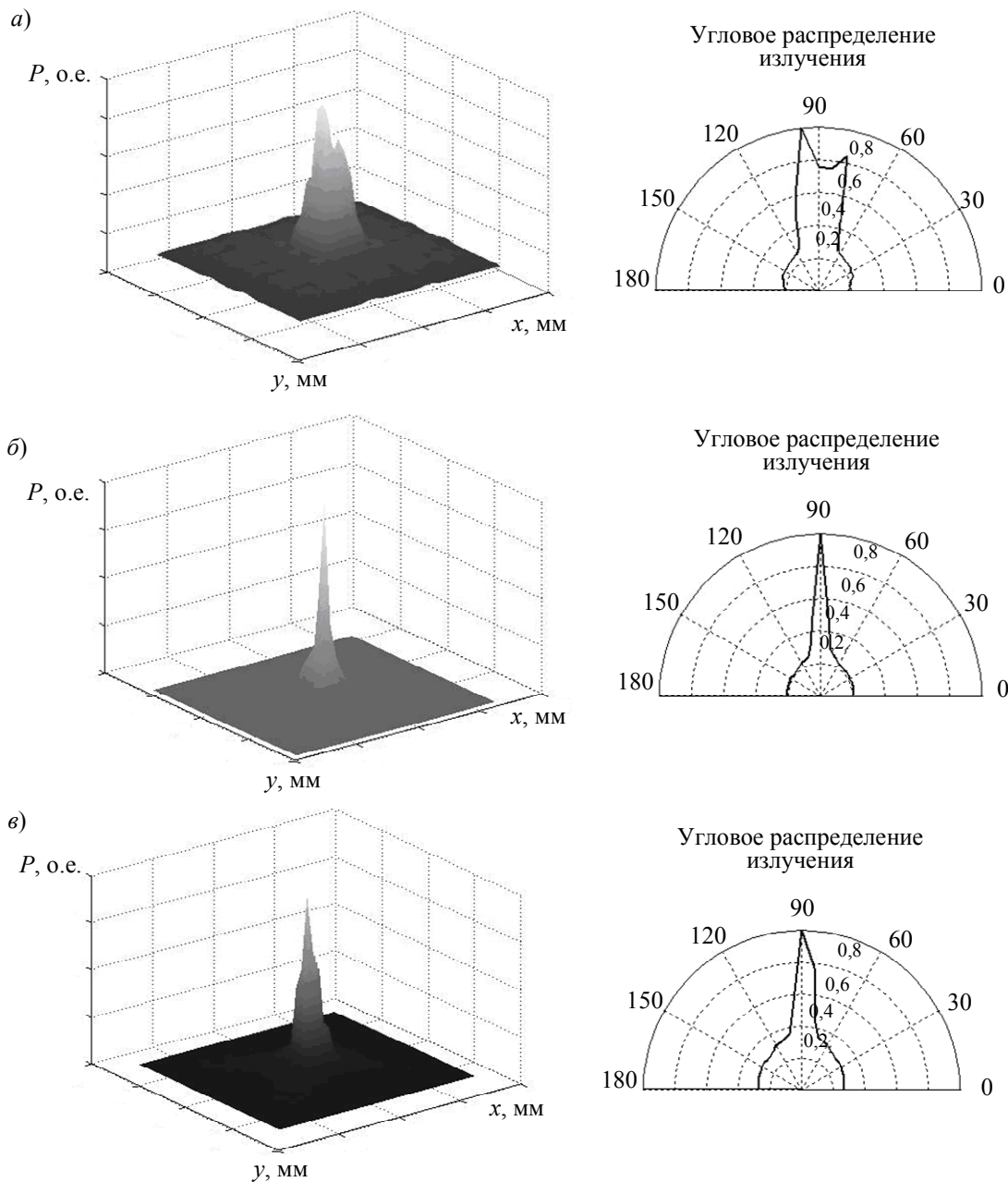


Рис. 3

Данные процедуры моделирования необходимы, во-первых, для создания равномерного свечения по всей исследуемой площади, что позволит равномерно осветить любой объект, находящейся в данной области, и, во-вторых, для управления излучением светодиодов, что обеспечит получение различных цветов и оттенков, например получение белого света.

В дальнейшем планируется построить математические модели многоэлементного источника, учитывающие параметры и характеристики отдельных излучающих элементов, а также их расположение.

Статья подготовлена по результатам работы, выполненной в рамках НИР № 610480 „Исследования в области создания систем спектральной ОКТ и оценка возможностей их применения“.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никифоров С. Проблемы, теория и реальность светодиодов для современных систем отображения информации высшего качества // Компоненты и технологии. 2005. № 5. С. 205—215.
2. Кириллов Е. А. Цветоведение: Учеб. пособие. М.: Легпромбытиздат, 1990. 128 с.
3. Агостон Ж. Теория цвета и ее применение в искусстве и дизайне. М.: Мир, 1982. 184 с.
4. Moreno I., Ching-Cherng Sun. Modeling the radiation pattern of LEDs // Optics Express. 2008. N 16. P. 1808—1819.
5. Ишанин Г. Г., Козлов В. В. Источники оптического излучения. СПб: Политехника, 2009. 415 с.

*Сведения об авторах*

- Елена Васильевна Горбунова** — канд. техн. наук; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра оптико-электронных приборов и систем;  
E-mail: vredina\_ia@mail.ru
- Валерий Викторович Коротаев** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра оптико-электронных приборов и систем;  
E-mail: korotaev@grv.ifmo.ru
- Владимир Сергеевич Перetyгин** — аспирант; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра оптико-электронных приборов и систем;  
E-mail: peretyagin@mail.ru
- Александр Николаевич Чертов** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра оптико-электронных приборов и систем;  
E-mail: a.n.chertov@mail.ru

Рекомендована кафедрой  
оптико-электронных приборов и систем

Поступила в редакцию  
07.02.12 г.