

# Формирование заданных двумерных распределений интенсивности преломляющими оптическими элементами

Е.В. Бызов<sup>1</sup>, С.В. Кравченко<sup>1</sup>, Л.Л. Досколович<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт систем обработки изображений РАН - филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Молодогвардейская 151, Самара, Россия, 443001

<sup>2</sup>Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34а, Самара, Россия, 443086

## Аннотация

Предложен новый вид лучевого отображения, который позволяет свести расчёт поверхности оптического элемента к решению обыкновенных дифференциальных уравнений 1-го порядка, разрешённых относительно производной. Рассчитанный пример элемента, формирующего прямоугольное равномерное распределение интенсивности с размером  $60^\circ \times 20^\circ$ , подтвердил высокие рабочие характеристики метода: ОСКО формирования интенсивности от требуемой составило менее 11%.

## Ключевые слова

Распределение интенсивности, поверхность свободной формы, оптика для светодиодов

## 1. Введение

В настоящее время светоизлучающие диоды заслуженно удерживают лидирующие позиции среди источников света на мировом рынке светотехнических устройств. Для создания заданных световых распределений в светодиодных системах освещения используется так называемая формирующая оптика: преломляющие или отражающие оптические элементы, устанавливаемые непосредственно над излучающим элементом светодиода.

Расчёт преломляющей поверхности оптического элемента из условия формирования заданного светового распределения является обратной задачей неизображающей оптики. Для решения этой задачи существует множество групп методов. Одной из них являются методы лучевого отображения (соответствия). Под лучевым отображением понимается функция, которая определяет связь координат лучей, преломлённых или отражённых оптической поверхностью, с координатами лучей, вышедших из источника [1-3].

В настоящей работе предложен новый вид лучевого отображения в задаче расчёта преломляющих оптических элементов для формирования заданных двумерных распределений интенсивности. Разработанное отображение является обобщением лучевого отображения из задачи расчёта поверхности для формирования однопараметрического распределения интенсивности в «отрезке» [3]. В данной работе предлагается использовать данный тип лучевого отображения при формировании двумерных распределений интенсивности, соответствующих «полосе». Под полосой понимается область, получаемая из отрезка заменой каждой точки на отрезок, перпендикулярный исходному (Рисунок 1). В рамках предложенного в работе лучевого отображения расчёт оптического элемента сводится к решению обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка, разрешённых относительно производной.

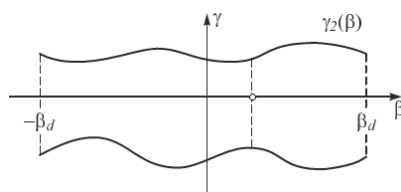


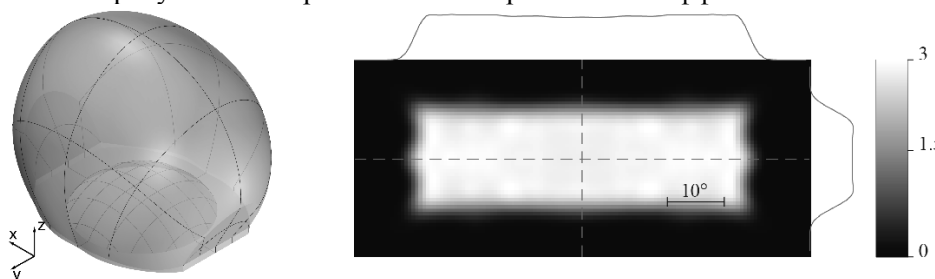
Рисунок 1: Геометрия двумерной освещаемой области (полосы)

## 2. Пример расчёта

Определим преломляющую поверхность, формирующую требуемое двумерное распределение интенсивности в виде огибающей семейства эллипсоидов. В этом случае расчёт преломляющей поверхности для формирования двумерного распределения интенсивности сводится к выполнению следующих шагов [3]:

1. Расчёт требуемого однопараметрического распределения интенсивности.
2. Расчёт функции, определяющей направление преломлённых лучей на профиле преломляющей поверхности.
3. Расчёт функции, определяющей границы полосы.
4. Расчёт фокальных параметров эллипсоидов.
5. Расчёт преломляющей поверхности, формирующей требуемое двумерное распределение интенсивности.

С помощью разработанного метода был рассчитан оптический элемент, формирующий прямоугольное распределение интенсивности размером  $60^\circ \times 20^\circ$  для точечного ламбертовского источника излучения. Вид оптического элемента, а также формируемое им распределение интенсивности представлено на Рисунке 2. Отклонение формируемого светового распределения от требуемого не превысило 11% при световой эффективности более 80%.



**Рисунок 2:** Оптический элемент и формируемое им распределение интенсивности  $60^\circ \times 20^\circ$ .

Светодиод находится в начале координат и излучает в полусферу  $z > 0$ . Кривые на правом рисунке иллюстрируют профили горизонтального и вертикального сечений распределения интенсивности

## 3. Заключение

Предложен новый вид лучевого отображения в задаче расчёта преломляющей поверхности оптического элемента для формирования заданных двумерных распределений интенсивности. Расчёт поверхности сводится к решению обыкновенных дифференциальных уравнений 1-го порядка, разрешённых относительно производной. Оптический элемент, рассчитанный с помощью предложенного метода и формирующий распределение интенсивности размером  $60^\circ \times 20^\circ$  подтвердил его хорошую работоспособность: среднеквадратичная ошибка формирования распределения интенсивности от равномерного не превысило 11 %.

## 4. Благодарности

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 18-19-00326).

## 5. Литература

- [1] Feng, Z. Freeform illumination optics construction following an optimal transport map / Z. Feng, B.D. Froese, R. Liang // Appl. Opt. – 2016. – Vol. 55(16). – P. 4301-4306. DOI: 10.1364/AO.55.004301.

- [2] Bösel, C. Ray mapping approach for the efficient design of continuous freeform surfaces / C. Bösel, H. Gross // Opt. Express. – 2016. – Vol. 24(13). – P. 14271-14282. DOI:10.1364/OE.24.014271.
- [3] Дмитриев, А.Ю. Расчёт преломляющей поверхности для формирования диаграммы направленности в виде отрезка / А.Ю. Дмитриев, Л.Л. Досколович // Компьютерная оптика. – 2010. – Т. 34, № 4. – С. 476-480.