

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012127192/28, 29.06.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.06.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.06.2012

(45) Опубликовано: 27.12.2013 Бюл. № 36

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2265917 C1, 10.12.2005. RU 2265916 C1,
10.12.2005. RU 2317612 C1, 20.02.2008. RU
2055420 C1, 27.02.1996. RU 2170995 C1,
20.07.2001. RU 2267188 C2, 27.02.2005. RU
79215, 20.12.2008. RU 113073 U1, 27.01.2012.

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр.1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для А.Ф.
Ширанкова (НИИ РЛ)

(72) Автор(ы):

Ширанков Александр Федорович (RU),
Хорохоров Алексей Михайлович (RU),
Павлов Виктор Юрьевич (RU),
Штыков Станислав Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ
им. Н.Э. Баумана) (RU)

(54) ОПТИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА

(57) Реферат:

Изобретение относится к светотехнике, в частности к световым приборам на светодиодах. Сущность изобретения заключается в том, что рабочая поверхность формирующей оптической системы, через которую выводится излучение светодиода, представляет собой в общем случае асимметричную асферическую поверхность. Оптический модуль согласно изобретению содержит светодиод (светодиодный кристалл) и примыкающую к нему формирующую

оптическую систему (ФОС), через которую выводится излучение светодиода. Рабочая световыводящая поверхность ФОС представляет собой асимметричную асферическую поверхность, при этом форма рабочей поверхности ФОС определена из решения предложенной системы уравнений. Задача изобретения заключается в создании оптического модуля, обеспечивающего формирование требуемой индикатрисы излучения. 1 табл., 3 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2012127192/28, 29.06.2012**(24) Effective date for property rights:
29.06.2012

Priority:

(22) Date of filing: **29.06.2012**(45) Date of publication: **27.12.2013 Bull. 36**

Mail address:

**105005, Moskva, ul. 2-ja Baumanskaja, 5, str.1,
MG TU im. N.Eh. Baumana, TsZIS, dlja A.F.
Shirankova (NII RL)**

(72) Inventor(s):

**Shirankov Aleksandr Fedorovich (RU),
Khorokhorov Aleksej Mikhajlovich (RU),
Pavlov Viktor Jur'evich (RU),
Shtykov Stanislav Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij
gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni
N.Eh. Baumana" (MG TU im. N.Eh. Baumana)
(RU)**

(54) OPTICAL MODULE OF LIGHT DIODE LAMP

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: working surface of a generating optical system, through which light diode emission is released, represents in the general case an asymmetric aspherical surface. The optical module according to the invention comprises a light diode (a light diode crystal) and an adjoining generating optical system (GOS), through which light diode

emission is released. The working light-releasing surface of the GOS represents an asymmetric aspherical surface, at the same time the shape of the working surface of the GOS is determined from the solution of the suggested system of equations.

EFFECT: development of an optical module, providing for generation of required radiation indicatrix.

1 tbl, 3 dwg

Изобретение относится к светотехнике, в частности к световым приборам на светодиодах (СД). Данное изобретение может быть использовано в системах внешнего (подсветка улиц, автомагистралей, технических сооружений) и внутреннего (подсветка жилых, офисных и производственных помещений) освещения.

Уровень техники

Известны конструкции оптических модулей, в которых формирование требуемой индикатрисы осуществляется за счет выбора формы, размеров и материалов формирующей оптической системы (ФОС).

Наиболее близким техническим решением является светодиод с оптическим элементом (оптический модуль) (Патент РФ №2265917, МПК H01L 33/00, опубл. 10.12.2005). Оптический модуль содержит светоизлучающий кристалл с примыкающей к нему однолинзовой ФОС, которая имеет асферическую форму наружной (рабочей) поверхности, образованную вращением вокруг оси симметрии светодиода кривой, полученной с учетом оптических свойств светодиодного кристалла и материала ФОС. В рассматриваемом устройстве ФОС собирает и выводит через рабочую поверхность все излучение, испускаемое кристаллом, и осуществляет преобразование исходной индикатрисы в индикатрису требуемой формы.

Однако с помощью данного устройства можно получить индикатрису только осесимметричной формы.

Раскрытие изобретения

Задачей заявляемого изобретения является создание оптического модуля, обеспечивающего формирование требуемой индикатрисы, имеющей в общем случае асимметричную форму, для решения конкретной осветительной задачи, например для освещения участка автомобильной дороги.

Причем указанный оптический модуль является частью светодиодного светильника, состоящего из множества таких близко расположенных сонаправленных идентичных модулей, число которых определяется требованиями по светоэнергетическим параметрам разрабатываемого светильника. Поскольку все модули в дальней зоне (на расстоянии, в 10...20 раз превышающем поперечные размеры светильника) формируют одинаковое световое поле, то и весь светильник даст идентичное световое поле. То есть индикатриса всего светильника (поле в дальней зоне) практически идентична индикатрисе единичного модуля.

Сущность изобретения заключается в том, что в оптическом модуле, состоящем из светодиода (светодиодного кристалла) и примыкающей к нему ФОС, ее рабочая поверхность, через которую выводится излучение светодиода, представляет собой в общем случае асимметричную асферическую поверхность. При этом форма рабочей поверхности определена из решения системы уравнений

$$\begin{cases} F(\rho_1, \theta_1, \varphi_1) = 0 \\ |\vec{\nabla} F(\rho_1, \theta_1, \varphi_1) \times \vec{n}((\theta_1, \varphi_1))| = 0 \end{cases}$$

$$\text{где } F(\rho, \theta, \varphi) = \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^K C_{ij} (\rho \sin \theta \cos \varphi)^i (\rho \sin \theta \sin \varphi)^j - \rho \cos \theta = 0 \quad - \text{уравнение}$$

рабочей поверхности в сферической системе координат с центром в геометрическом центре светодиодного кристалла; $\vec{\nabla}$ - оператор градиента функции; $\{\vec{n}_1\} = \{\vec{n}(\theta_1, \varphi_1)\}$ - векторного поля нормалей $\{\vec{n}_1\}$ к рассчитываемой рабочей поверхности в точках $\{(\theta_1, \varphi_1)\}$; $1 = \overline{1, N}$, N - число точек на рабочей поверхности, для которых определены нормали; C_{ij} - коэффициенты уравнения рабочей поверхности; M и K - максимальные

степени полинома, а нормали $\vec{n}_1$ определены на основании функции преобразования индикатрис, характеризующей процесс преобразования формирующей оптической системой исходной индикатрисы светодиодного кристалла в индикатрису требуемой формы и связывающей соответствующие телесные углы указанных индикатрис (Ω и Ω') через равенство потоков излучения, распространяющегося в пределах этих углов: $\Phi(\Omega)=\Phi(\Omega')$.

Краткое описание чертежей

На фиг.1 представлены индикатрисы излучения: а) ламбертова и б) требуемая;

На фиг.2 представлен ход луча в ФОС;

На фиг.3 представлены аксонометрические проекции (виды спереди и сзади) оптического модуля с ФОС с рассчитанной рабочей поверхностью.

Осуществление изобретения

Работает устройство следующим образом. Световой поток от светоизлучающего кристалла поступает на однолинзовую ФОС, преобразующую световой поток с ламбертовой индикатрисой в поток, преобразованный ФОС. Принципиально важной особенностью заявляемого изобретения является то, что рабочая поверхность ФОС представляет собой в общем случае асимметричную асферическую поверхность, форму которой получают непосредственно из решения системы нелинейных уравнений.

Форма поверхности рассчитана с учетом оптических свойств и габаритных характеристик светодиодного кристалла, материала оптической системы и требований к формируемой индикатрисе. Для того чтобы входящая в состав оптического модуля ФОС формировала требуемую индикатрису излучения, на первом этапе расчета ее рабочей поверхности определяют функцию преобразования индикатрис (ФПИ) - зависимость угловых сферических координат выхода луча из ФОС (θ' , φ') от угловых сферических координат выхода луча (θ , φ) со светоизлучающей площадки светодиода (СД), характеризующая требуемое преобразование индикатрис

$I(\theta, \varphi) \xrightarrow{\text{ФПИ}} I'(\theta', \varphi') : \begin{pmatrix} \theta' \\ \varphi' \end{pmatrix} = \text{ФПИ} \begin{pmatrix} \theta \\ \varphi \end{pmatrix}$. Причем при определении ФПИ используется

закон сохранения энергии $\Phi(\Omega)=\Phi(\Omega')$, где $\Phi(\Omega)$ и $\Phi(\Omega')$ - потоки излучения от СД до и после ФОС в пределах телесных углов Ω , и Ω' соответственно. Потоки излучения при известных индикатрисах $I(\theta, \varphi)$ и $I'(\theta', \varphi')$ определяются по формулам

$$\Phi(\Omega) = \iint_{\Omega} I(\theta, \varphi) \sin \theta d\theta d\varphi \quad \text{и} \quad \Phi(\Omega') = \iint_{\Omega'} I'(\theta, \varphi) \sin \theta d\theta d\varphi.$$

ФПИ необходима для определения векторного поля нормалей $\{\vec{n}_1\}$ (фиг.2) к рассчитываемой рабочей поверхности в точках: $\{(\theta_1, \varphi_1)\} : \vec{n}_1 = \vec{n}(\theta_1, \varphi_1) :$

$$\vec{n}_1 = \frac{\vec{q}_1' - \frac{n}{n'} \vec{q}_1}{\left| \vec{q}_1' - \frac{n}{n'} \vec{q}_1 \right|},$$

где n - показатель преломления материала ФОС (2); n' - показатель преломления воздуха, $n'=1,0$; $\vec{q}_1$ - направляющий вектор луча, выходящего с поверхности светоизлучающей площадки СД (1), проходящего в ФОС и приходящего в точку (θ_1, φ_1) , $\vec{q}_1(\theta_1, \varphi_1) = \{\sin \theta_1 \cos \varphi_1; \sin \theta_1 \sin \varphi_1; \cos \theta_1\}$; $\vec{q}_1'$ - направляющий вектор луча, выходящего из ФОС в точке (θ_1, φ_1) , $\vec{q}_1'(\theta_1', \varphi_1') = \{\sin \theta_1' \cos \varphi_1'; \sin \theta_1' \sin \varphi_1'; \cos \theta_1'\}$; 1 -

точки, $l = \overline{1, N}$, N - число точек.

На втором этапе расчета определяют собственно саму рабочую поверхность ФОС. Для этого сначала выбирают вид уравнения рабочей поверхности ФОС. В частности, уравнение может быть представлено в виде степенного полинома (в сферической системе координат с центром в геометрическом центре светодиодного кристалла):

$$F(\rho, \theta, \varphi) = \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^K C_{ij} (\rho \sin \theta \cos \varphi)^i (\rho \sin \theta \sin \varphi)^j - \rho \cos \theta = 0,$$

где (ρ, θ, φ) - сферических координаты точек рабочей поверхности ФОС; M и K - максимальные степени полинома.

Коэффициент C_{00} есть толщина ФОС вдоль оптической оси, которая определяется из конструктивных и технологических соображений (в том числе габаритных ограничений на ФОС). Остальные коэффициенты уравнения поверхности C_{ij} неизвестны и определяются в процессе расчета.

Далее составляют и решают систему уравнений для совокупности нормалей к поверхности:

$$\begin{cases} F(\rho_l, \theta_l, \varphi_l) = 0 \\ |\vec{\nabla} F(\rho_l, \theta_l, \varphi_l) \times \vec{n}((\theta_l, \varphi_l))| = 0 \end{cases},$$

где $l = \overline{1, N}$, N - число точек на рабочей поверхности, для которых определены нормали; $\vec{\nabla}$ - оператор градиента функции.

Сферические координаты ρ_l неизвестны и их определяют в процессе расчета.

При этом для N нормалей получается $2N$ уравнений с $N+M \cdot K$ неизвестными ($\{\rho_l\}$, $\{C_{ij}\}$). Для получения качественного решения необходимо, чтобы $N \geq (1,5 \dots 2,5) M \cdot K$.

Искомым решением системы уравнений для всех нормалей являются коэффициенты C_{ij} уравнения рабочей поверхности ФОС.

В качестве примера был разработан оптический модуль, используемый в светодиодном светильнике, предназначенном для равномерной подсветки участка двухполосного дорожного полотна размером $30 \times 5,6 \text{ м}^2$ при расположении светильников на столбах высотой 10 м с углом наклона гусака 15° , расстояние между столбами 30 м вдоль полотна дороги.

Уравнение рабочей поверхности ФОС оптического модуля представляет собой степенной полином двух переменных:

$$F(\rho, \theta, \varphi) = \sum_{i=0}^{10} \sum_{j=0}^{10} C_{ij} (\rho \sin \theta \cos \varphi)^i (\rho \sin \theta \sin \varphi)^j - \rho \cos \theta,$$

Значения коэффициентов C_{2ij} , полученных в результате решения, приведены в таблице.

$C_{2i,j}$	i=0	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
j=0	7,000E+00	1,242E-01	-1,228E-02	6,457E-04	-1,738E-05	1,800E-07
j=1	-1,093E-01	1,940E-02	-1,569E-03	4,862E-05	-5,486E-07	0,000E+00
j=2	-9,257E-02	1,262E-02	-9,458E-04	3,118E-05	-3,768E-07	0,000E+00
j=3	-3,446E-03	-7,057E-04	1,723E-05	-7,673E-08	0,000E+00	0,000E+00
j=4	-1,179E-02	-2,469E-04	5,213E-06	4,849E-08	0,000E+00	0,000E+00
j=5	-5,261E-04	7,662E-05	-7,481E-07	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
j=6	7,750E-04	3,370E-05	-4,239E-07	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
j=7	-1,170E-05	-1,910E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
j=8	-4,896E-05	-7,631E-07	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
j=9	1,724E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
J=10	1,393E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00

Две аксонометрические проекции (виды спереди и сзади) оптического модуля с ФОС с рассчитанной в примере рабочей поверхностью представлены на фиг.3.

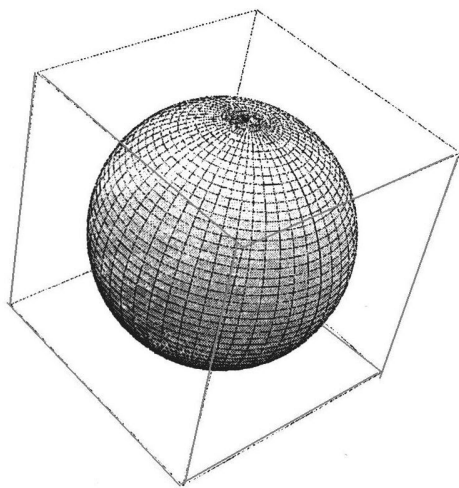
Формула изобретения

Оптический модуль, содержащий светодиод (светодиодный кристалл) и примыкающую к нему формирующую оптическую систему (ФОС), имеющую рабочую световыводящую поверхность, отличающийся тем, что рабочая поверхность ФОС представляет собой асимметричную асферическую поверхность, при этом форма рабочей поверхности ФОС определена из решения системы уравнений

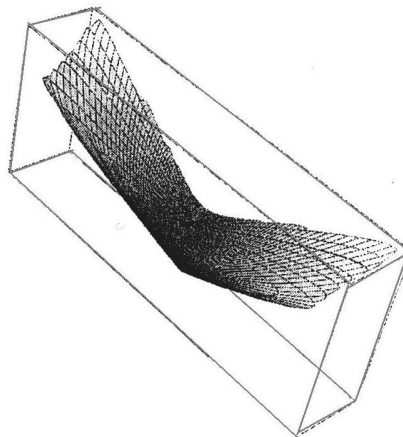
$$\begin{cases} F(\rho_1, \theta_1, \varphi_1) = 0 \\ |\vec{\nabla} F(\rho_1, \theta_1, \varphi_1) \times \vec{n}(\theta_1, \varphi_1)| = 0, \end{cases}$$

где $F(\rho, \theta, \varphi) = \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^K C_{ij} (\rho \sin \theta \cos \varphi)^i (\rho \sin \theta \sin \varphi)^j - \rho \cos \theta = 0$ - уравнение рабочей

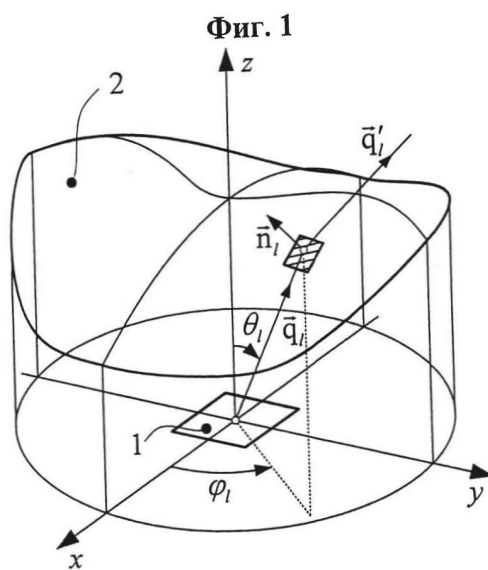
поверхности в сферической системе координат с центром в геометрическом центре светодиодного кристалла; $\vec{\nabla}$ - оператор градиента функции; $\{\vec{n}_1\} = \{\vec{n}(\theta_1, \varphi_1)\}$ - векторное поле нормалей $\{\vec{n}_1\}$ к рассчитываемой рабочей поверхности в точках $\{(\theta_1, \varphi_1)\}$; $i = \overline{1, N}$, N - число точек на рабочей поверхности, для которых определены нормали; C_{ij} - коэффициенты уравнения рабочей поверхности; M и K - максимальные степени полинома, а нормали $\vec{n}_1$ определены на основании функции преобразования индикатрис, характеризующей процесс преобразования формирующей оптической системой исходной индикатрисы светодиодного кристалла в индикатрису требуемой формы и связывающей соответствующие телесные углы указанных индикатрис (Ω и Ω') через равенство потоков излучения, распространяющегося в пределах этих углов: $\Phi(\Omega) = \Phi(\Omega')$.



a)

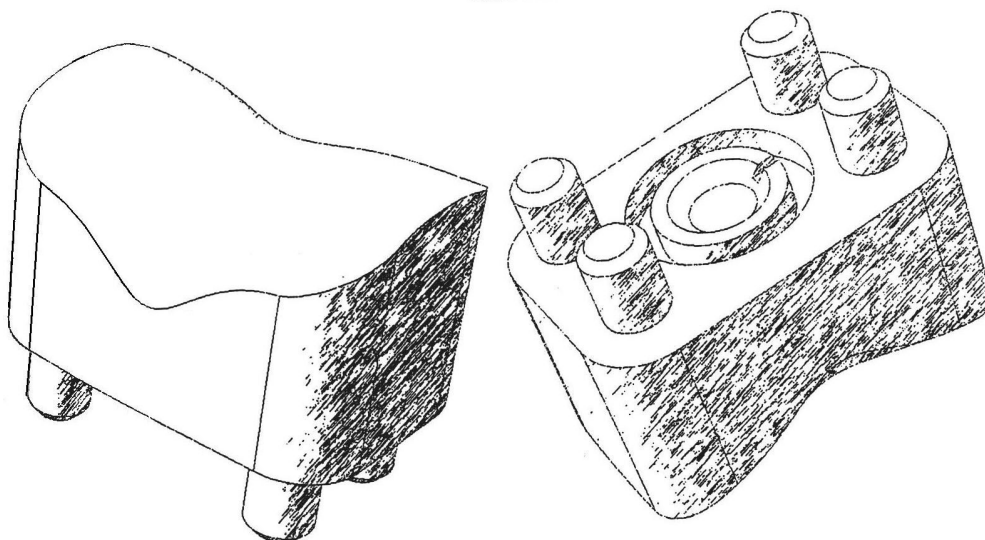


б)



Фиг. 1

Фиг. 2



Фиг. 3