



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103629601 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 12

(21) 申请号 201310671568. 1

(22) 申请日 2013. 12. 11

(71) 申请人 陕西烽火佰鸿光电科技有限公司

地址 710075 陕西省西安市高新区高新 6 路
28 号

(72) 发明人 沈伟华 刘莎 刁永青 张宇
朱琳

(51) Int. Cl.

F21S 8/00(2006. 01)

F21W 131/103(2006. 01)

F21Y 101/02(2006. 01)

权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种改善 LED 路灯照明的设计方法

(57) 摘要

本发明公开了一种改善 LED 路灯照明的设计方法,包括以下步骤:1) 确定 LED 光源;根据厂家提供的光线文件,采用光学软件 Lighttools 进行模拟,或者采用光学测量仪器进行测量,准确分析光强随传播方向的分布情况,为光源模型的建立提供依据;2) 建立 LED 光源与照射面之间的对应关系;将 LED 光源建模为半球形状,并利用类似地球的经线和纬线对半球进行网格划分,经线和纬线将半球面划分为若干个光通量相等的微元面;3) 根据向量,最终得到所设计的自由曲面透镜;通过本发明设计结果,对 LED 的自身发出的不符合道路照明的圆形光斑进行了改善。



1. 一种改善 LED 路灯照明的设计方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 确定 LED 光源;

根据厂家提供的光线文件,采用光学软件Light tools进行模拟,或者采用光学测量仪器进行测量,准确分析光强随传播方向的分布情况,为光源模型的建立提供依据;

2) 建立 LED 光源与照射面之间的对应关系;

将 LED 光源建模为半球形状,并利用类似地球的经线和纬线对半球进行网格划分,经线和纬线将半球面划分为若干个光通量相等的微元面;

以上述半球圆心为原点,建立坐标系,令半球中轴线方向为 Z 轴,令半球底面上相互垂直的两个方向为 X, Y 轴方向,令光线方向和半球中轴线的夹角为 φ ,令 X 轴和光线在半球底面上投影的线段所夹的角为 θ ,那么芯片发出的光束都可以用 (θ, φ) 来唯一表示,光线 (θ, φ) 经过透镜中一点 P 发生折射,之后到达照射面一点 G(x, y, z),对于透镜的自由曲面来说,入射光的单位方向向量可表示为 $I(\cos\theta\sin\varphi, \sin\theta\sin\varphi, \cos\varphi)$,透镜的自由曲面上点 P 的位置矢量可表示为 $(\rho\cos\theta\sin\varphi, \rho\sin\theta\sin\varphi, \rho\cos\varphi)$,其中 ρ 为 LED 光源沿 (θ, φ) 方向到自由曲面的距离,所有要考虑的光线方向向量轨迹的末端就组成了自由曲面,出射单位向量为 0,它可以由 G 点和 P 点的位置矢量相减获得,即:

$$\begin{cases} O_x = x - \rho\cos\theta\sin\varphi / \left[(x - \rho\cos\theta\sin\varphi)^2 + (y - \rho\sin\theta\sin\varphi)^2 + (z - \rho\cos\varphi)^2 \right] \\ O_y = y - \rho\sin\theta\sin\varphi / \left[(x - \rho\cos\theta\sin\varphi)^2 + (y - \rho\sin\theta\sin\varphi)^2 + (z - \rho\cos\varphi)^2 \right] \\ O_z = z - \rho\cos\varphi / \left[(x - \rho\cos\theta\sin\varphi)^2 + (y - \rho\sin\theta\sin\varphi)^2 + (z - \rho\cos\varphi)^2 \right] \end{cases} \quad (2)$$

根据所建立的光源与光照面的对应关系,建立起 (θ, φ) 和 G(x, y, z) 之间的数学关系式:

当 $0 \leq \theta \leq \pi/4$ 时:

$$\begin{cases} x = X \times \frac{\sin\varphi}{\sin\varphi_M} \\ y = \frac{4 \times Y \times \theta \times \sin\varphi}{\pi \times \sin\varphi_M} \times x \\ z = Z \end{cases} \quad (3)$$

当 $\pi/4 \leq \theta \leq \pi/2$ 时:

$$\begin{cases} x = \frac{Y \times \pi}{X \times (2\pi - 4\theta)} \times y \\ y = Y \times \frac{\sin\varphi}{\sin\varphi_M} \\ z = Z \end{cases} \quad (4)$$

将公式 (3) 和公式 (4) 代入公式 (2), 可得到光线经过自由曲面之后出射方向矢量 O ;

3) 根据步骤 2) 中测定的出射方向矢量 O , 设自由曲面上点 P 处的法向矢量为 T , T 等于经过此点的在曲面上的两条曲线切矢的叉乘, 取这两个矢量为 ρ_θ 和 ρ_φ , ρ_θ 矢量方向和 XSZ 平面平行, ρ_φ 矢量在 XOY 平面上的投影过 S 点, 经过计算可以得到:

$$\begin{cases} \rho_\theta = (-\rho \sin \theta + \rho_\theta \cos \theta, \rho \cos \theta + \rho_\theta \sin \theta, 0) \\ \rho_\varphi = (\cos \theta (\rho \cos \varphi + \rho_\varphi \sin \varphi), \sin \theta (\rho \cos \varphi + \rho_\varphi \sin \varphi), -\rho \sin \varphi + \rho_\varphi \cos \varphi) \end{cases} \quad (5)$$

由于曲面法向矢量 T 方向和 ρ_θ , ρ_φ 方向是相垂直的, 因此采用矢量叉乘即可获得矢量 T , 结合公式 (5) 和公式 (2) 可得到矢量 T ;

结合斯涅耳定律:

$$n_o \times O - n_I \times I = [n_o^2 + n_I^2 - 2 \times n_o \times n_I \times (O \cdot I)]^{1/2} \times T \quad (6)$$

建立起关于 ρ , ρ_θ , ρ_φ , θ , φ 的偏微分方程, 利用数值对方程进行求解, 获自由曲面透镜的坐标数据, 最终得到所设计的自由曲面透镜。

一种改善 LED 路灯照明的设计方法

技术领域

[0001] 本发明属于照明工程应用领域,具体涉及一种改善 LED 路灯照明的设计方法,主要作用于二次配光透镜。

背景技术

[0002] 近年来,随着 LED 芯片、封装和灯具研发及生产技术的不断革新,LED 照明已经深入国民生产各个领域,比如路灯、室内灯具、车灯、景观灯等。市场的广阔前景必然带来需求的多样化;在实际应用中,我们需要为 LED 光源设计特定的透镜来满足照明要求,根据行业标准《城市道路照明设计标准》,编号为 CJJ45-2006 的要求,路灯照明面应为矩形,照度适当,均匀度高,无眩光,照明区域外应无光污染。

[0003] 由于 LED 光源近似余弦朗伯体发光,若直接照在路面上会形成圆形光斑,这样既存在部分光能损失,配光效果也较差。对此,前人采取了相应的改进措施,即把透镜用在非成像光学系统中,设计透镜的方法主要是凭借设计经验,利用光学软件对透镜结构进行调整、微调、优化,虽然有一定改善,但其设计过程耗时费力。

[0004] 近年来,根据自由曲面所设计的透镜的面型得到业界的青睐,但由于目前 LED 发光的光强和角度分布与系统的后续器件不匹配使得大量的能量不能被合理利用,效率降低,使 LED 失去了自身优势。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是提供一种改善 LED 路灯照明的设计方法,本方法首先通过对所选 LED 光源进行分析,根据灯芯厂家提供的光线文件,采用光学软件(Light tools)进行模拟,或者采用光学测量仪器(积分球或 LED 光强分布测试仪)进行测量,准确分析其光学特性,并且根据设计需求,合理组建光路图结构,结合光学基本原理,根据需求,列相应方程,利用 Matlab 软件编程求解,得到一组所需透镜面型的离散点,导出 Matlab 软件,转换成 Ibl 格式,导入 Pro/E 三维建模软件,利用逆向工程思想得到所设计透镜的实体面型。

[0006] 为达到上述目的,本发明的技术方案如下:

[0007] 一种改善 LED 路灯照明的设计方法,包括以下步骤:

[0008] 1) 确定 LED 光源;

[0009] 根据厂家提供的光线文件,采用光学软件 Lighttools 进行模拟,或者采用光学测量仪器进行测量,准确分析光强随传播方向的分布情况,为光源模型的建立提供依据;

[0010] 2) 建立 LED 光源与照射面之间的对应关系;

[0011] 将 LED 光源建模为半球形状,并利用类似地球的经线和纬线对半球进行网格划分,经线和纬线将半球面划分为若干个光通量相等的微元面;

[0012] 以上述半球圆心为原点,建立坐标系,令半球中轴线方向为 Z 轴,令半球底面上相互垂直的两个方向为 X, Y 轴方向,令光线方向和半球中轴线的夹角为 φ ,令 X 轴和光线在半

球底面上投影的线段所夹的角为 θ ,那么芯片发出的光束都可以用 (θ, φ) 来唯一表示,光线 (θ, φ) 经过透镜中一点 P 发生折射,之后到达照射面一点 G(x, y, z),对于透镜的自由曲面来说,入射光的单位方向向量可表示为 $I(\cos\theta\sin\varphi, \sin\theta\sin\varphi, \cos\varphi)$,透镜的自由曲面上点 P 的位置矢量可表示为 $(\rho\cos\theta\sin\varphi, \rho\sin\theta\sin\varphi, \rho\cos\varphi)$,其中 ρ 为 LED 光源沿 (θ, φ) 方向到自由曲面的距离,所有要考虑的光线方向向量轨迹的末端就组成了自由曲面,出射单位向量为 O ,它可以由 G 点和 P 点的位置矢量相减获得,即:

[0013]

$$\begin{cases} O_x = x - \rho\cos\theta\sin\varphi / \left[(x - \rho\cos\theta\sin\varphi)^2 + (y - \rho\sin\theta\sin\varphi)^2 + (z - \rho\cos\varphi)^2 \right] \\ O_y = y - \rho\sin\theta\sin\varphi / \left[(x - \rho\cos\theta\sin\varphi)^2 + (y - \rho\sin\theta\sin\varphi)^2 + (z - \rho\cos\varphi)^2 \right] \\ O_z = z - \rho\cos\varphi / \left[(x - \rho\cos\theta\sin\varphi)^2 + (y - \rho\sin\theta\sin\varphi)^2 + (z - \rho\cos\varphi)^2 \right] \end{cases} \quad (2)$$

[0014] 根据所建立的光源与光照面的对应关系,建立起 (θ, φ) 和 G(x, y, z) 之间的数学关系式:

[0015] 当 $0 \leq \theta \leq \pi/4$ 时:

[0016]

$$\begin{cases} x = X \times \frac{\sin\varphi}{\sin\varphi_M} \\ y = \frac{4 \times Y \times \theta \times \sin\varphi}{\pi \times \sin\varphi_M} \times x \\ z = Z \end{cases} \quad (3)$$

[0017] 当 $\pi/4 \leq \theta \leq \pi/2$ 时:

[0018]

$$\begin{cases} x = \frac{Y \times \pi}{X \times (2\pi - 4\theta)} \times y \\ y = Y \times \frac{\sin\varphi}{\sin\varphi_M} \\ z = Z \end{cases} \quad (4)$$

[0019] 将公式 (3) 和公式 (4) 代入公式 (2), 可得到光线经过自由曲面之后出射方向向量 O ;

[0020] 3) 根据步骤 2) 中测定的出射方向向量 O , 设自由曲面上点 P 处的法向矢量为 T, T 等于经过此点的在曲面上的两条曲线切矢的叉乘, 取这两个矢量为 ρ_0 和 ρ_φ , ρ_0 矢量方向和 XSY 平面平行, ρ_φ 矢量在 XOY 平面上的投影过 S 点, 经过计算可以得到:

[0021]

$$\begin{cases} \rho_\theta = (-\rho \sin \theta + \rho_\theta \cos \theta, \rho \cos \theta + \rho_\theta \sin \theta, 0) \\ \rho_\varphi = (\cos \theta (\rho \cos \varphi + \rho_\varphi \sin \varphi), \sin \theta (\rho \cos \varphi + \rho_\varphi \sin \varphi), -\rho \sin \varphi + \rho_\varphi \cos \varphi) \end{cases} \quad (5)$$

[0022] 由于曲面法向矢量T方向和 $\rho_\theta, \rho_\varphi$ 方向是相垂直的,因此采用矢量叉乘即可获得矢量T,结合公式(5)和公式(2)可得到矢量T;

[0023] 结合斯涅耳定律:

$$n_o \times 0 - n_T \times I = [n_o^2 + n_T^2 - 2 \times n_o \times n_T \times (0 \cdot I)]^{1/2} \times T \quad (6)$$

[0025] 建立起关于 $\rho, \rho_\theta, \rho_\varphi, \theta, \varphi$ 的偏微分方程,利用数值方法对方程进行求解,获得自由曲面透镜的坐标数据,最终得到所设计的自由曲面透镜。

[0026] 通过上述技术方案,本发明的有益效果是:

[0027] 通过本发明设计结果,对LED的自身发出的不符合道路照明的圆形光斑进行了改善。

附图说明

[0028] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0029] 图1是LED光源的朗伯体分布;

[0030] 图2是逆向观察光源网格所呈的分布情况;

[0031] 图3是垂直光轴方向观察光源网格所呈的分布情况;

[0032] 图4是投影面上的网格分布;

[0033] 图5是光路结构示意图;

[0034] 图6是设计流程图;

[0035] 图7是自由曲面透镜的俯视图;

[0036] 图8是自由曲面透镜的左视图;

[0037] 图9是自由曲面透镜的主视图。

具体实施方式

[0038] 为了使本发明实现的技术手段、创作特征、达成目的与功效易于明白了解,下面结合具体图示,进一步阐述本发明。

[0039] 一种改善LED路灯照明的设计方法,包括以下步骤:

[0040] 1、LED光源光线分析

[0041] LED发光近似朗伯余弦分布,如公式(1)所示。

[0042]

$$I(\varphi) = I_0 \cos \varphi \quad (1)$$

[0043] φ 为光源发出的光束方向与光轴方向之间的夹角,公式(1)可用图1表示。

[0044] 2、建立光源与照射面之间的对应关系

[0045] 透镜具有内外两个表面,内表面设置为圆心位于光源处的球面,此球面的大小要符合所采用 LED 灯芯的尺寸,并且保持一定距离,避免 LED 灯芯所发出的热量对透镜材料产生影响,外表面为自由曲面,根据所述设计方法,当光源光线经过所述透镜内表面时,光线传播方向不会改变,所述设计由透镜外表面确定光线的出射方向,使光束根据需要进一步扩散,这样只需考虑外表面即可,使问题得以简化。

[0046] 要想获得均匀的矩形照明光斑,就要精确设计透镜外表面,首先要合理分配光源发出的任意一根光线达到照射面的具体位置,这就需要准确建立光源与照明面之间的对应关系。为了实现均匀照明,考虑将光源和光照面都划分为具有相等光通量的微元,令光源和光照面的微元一一对应,利用对应关系建立数学模型,对其进行求解。

[0047] 一般 LED 发射能量分布呈现朗伯余弦分布,将光源建模为半球形状,并利用类似地球的经线和纬线对半球进行网格划分,经线和纬线将半球面划分为若干个光通量相等的微元面。

[0048] 图 2 是逆着光轴光线传播方向观察光源,网格所呈现的分布情况。如图 2 所示,半径线段 11,12,13,14,15 是经线在观察平面上的投影线段,各相邻投影线段所夹的角都为 θ , $\pi/4$ 是 θ 的整数倍(这里为了便于观察,取 $\theta = \pi/8$)。圆 111,112,113 是网格划分的纬线部分。

[0049] 图 3 是垂直于光轴方向观察光源,网格所呈现的分布情况,水平线段 111,112,113 是图 2 中纬线 111,112,113 在观察平面上的投影,纬线的 φ 角是指经过纬线任意一点的光线和光轴的夹角,为了实现相邻纬线所夹的环面内的光通量相等, φ 应满足公式(2)

[0050]

$$\frac{\sin \varphi_m}{\sin \varphi_M} = \frac{m-1}{M} \quad (2)$$

[0051] φ_m 是由 $\varphi=0$ 为第一条纬线算起,第 m 条纬线的 φ 角, φ_M 是指 LED 光源的发散角, M 为所划分的环面个数,图例中取 $M=3$ 。然后对照明面进行网格划分,利用 $2M-1$ 条横线和 $2M-1$ 条纵线将矩形照明划分为面积相等的 $2m*2m$ 个小矩形。

[0052] 如图 4 所示,正方形 211,212,213 是形心位于光轴上的矩形,它们依次对应图 2 中的圆 111,112,113,即经过纬线 111 的光线最终照射到矩形 211 的四条边上,而图 4 中的线段 21,22,23,24,25 将照明面第一象限分为 4 个面积相等的三角形,即线段 22 和 24 与照明面边线的交点分别是第一象限边线的等分点,这样就建立起了关系:

[0053] 经过图 2 中经线 11 (12,13,14,15) 的光线最终照射到图 4 中斜线段 21 (22,23,24,25) 上。

[0054] 建立如图 5 所示的坐标系,光源 S 发出具有一定方向 (θ, φ) 的光线,经过透镜中一点 P 发生折射,之后到达照射面一点 G(x, y, z),对于自由曲面来说,入射光的单位方向向量可表示为 $I(\cos \theta \sin \varphi, \sin \theta \sin \varphi, \cos \varphi)$,自由曲面上点 P 的位置矢量可表示为 $(\rho \cos \theta \sin \varphi, \rho \sin \theta \sin \varphi, \rho \cos \varphi)$,其中 ρ 为光源沿 (θ, φ) 方向到曲面的距离,所有要考虑的光线方向向量轨迹的末端就组成了自由曲面,出射单位向量为 O,它可以由 G 点和 P 点的位置矢量相减获得,即:

[0055]

$$\begin{cases} O_x = x - \rho \cos \theta \sin \varphi / \left[(x - \rho \cos \theta \sin \varphi)^2 + (y - \rho \sin \theta \sin \varphi)^2 + (z - \cos \varphi)^2 \right] \\ O_y = y - \rho \sin \theta \sin \varphi / \left[(x - \rho \cos \theta \sin \varphi)^2 + (y - \rho \sin \theta \sin \varphi)^2 + (z - \cos \varphi)^2 \right] \\ O_z = z - \cos \varphi / \left[(x - \rho \cos \theta \sin \varphi)^2 + (y - \rho \sin \theta \sin \varphi)^2 + (z - \cos \varphi)^2 \right] \end{cases} \quad (3)$$

[0056] 根据所建立的光源与光照面的对应关系,建立起 (θ, φ) 和 $G(x, y, z)$ 之间的数学关系式:

[0057] 当 $0 \leq \theta \leq \pi/4$ 时:

[0058]

$$\begin{cases} x = X \times \frac{\sin \varphi}{\sin \varphi_M} \\ y = \frac{4 \times Y \times \theta \times \sin \varphi}{\pi \times \sin \varphi_M} \times x \\ z = Z \end{cases} \quad (4)$$

[0059] 当 $\pi/4 \leq \theta \leq \pi/2$ 时:

[0060]

$$\begin{cases} x = \frac{Y \times \pi}{X \times (2\pi - 4\theta)} \times y \\ y = Y \times \frac{\sin \varphi}{\sin \varphi_M} \\ z = Z \end{cases} \quad (5)$$

[0061] 将公式(4)和公式(5)代入公式(3),可得到光线经过自由曲面之后出射方向向量 O 。

[0062] 设自由曲面上点P处的法向矢量为 T , T 等于经过此点的在曲面上的两条曲线切矢的叉乘,取这两个矢量为 ρ_θ 和 ρ_φ , ρ_θ 矢量方向和 XSY 平面平行, ρ_φ 矢量在 XOY 平面上的投影过 S 点,经过计算可以得到:

[0063]

$$\begin{cases} \rho_\theta = (-\rho \sin \theta + \rho_\theta \cos \theta, \rho \cos \theta + \rho_\theta \sin \theta, 0) \\ \rho_\varphi = (\cos \theta (\rho \cos \varphi + \rho_\varphi \sin \varphi), \sin \theta (\rho \cos \varphi + \rho_\varphi \sin \varphi), -\rho \sin \varphi + \rho_\varphi \cos \varphi) \end{cases} \quad (8)$$

[0064] 利用 ρ_θ , ρ_φ 叉乘表示矢量 T ,结合公式8和公式3即可获得法向矢量 T 。

[0065] 结合斯涅耳定律:

$$[0066] \quad n_o \times 0 - n_T \times I = [n_o^2 + n_T^2 - 2 \times n_o \times n_T \times (0 \cdot I)]^{1/2} \times T \quad (9)$$

[0067] 建立起关于 ρ , ρ_θ , ρ_φ , θ , φ 的偏微分方程。利用数值方法对方程进行求解,获得自由曲面的坐标数据,由于四个象限光线传播是对称的,这里只考虑第一象限的情况,得出

曲面面型之后,利用相关软件即可获得其他象限的情况,最终得到所设计的自由曲面透镜。

[0068] 参照图 6,可以概括为:本方法首先通过对所选 LED 光源进行分析,根据灯芯厂家提供的光线文件,采用光学软件(Light tools)进行模拟,或者采用光学测量仪器(积分球或 LED 光强分布测试仪)进行测量,准确分析其光学特性,并且根据设计需求,合理组建光路图结构,结合光学基本原理,根据需求,列相应方程,利用 Matlab 软件编程求解,得到一组所需透镜面型的离散点,导出 Matlab 软件,转换成 Ibl 格式,导入 Pro/E 三维建模软件,利用逆向工程思想得到所设计透镜的实体面型。

[0069] 设路面长 30m,路面宽为 15m,路灯高 10m,选用 Polycarbonate PMMA (聚甲基丙烯酸甲酯)为透镜材料,可以防止紫外线对材料的老化,延长 LED 的使用寿命。

[0070] 根据本发明提供的方法,获得透镜外形轮廓如图 7、图 8、图 9 所示。

[0071] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和进步都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

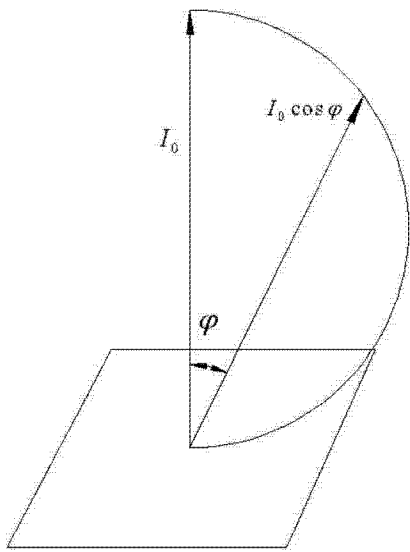


图 1

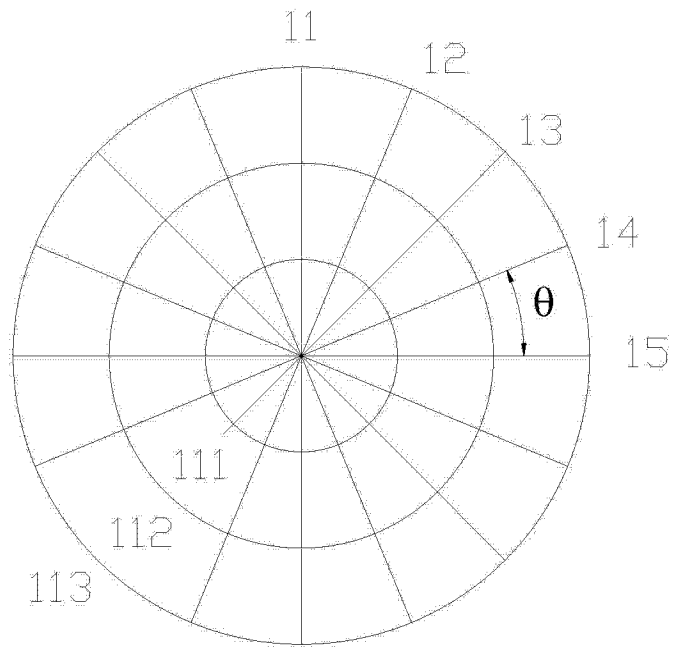


图 2

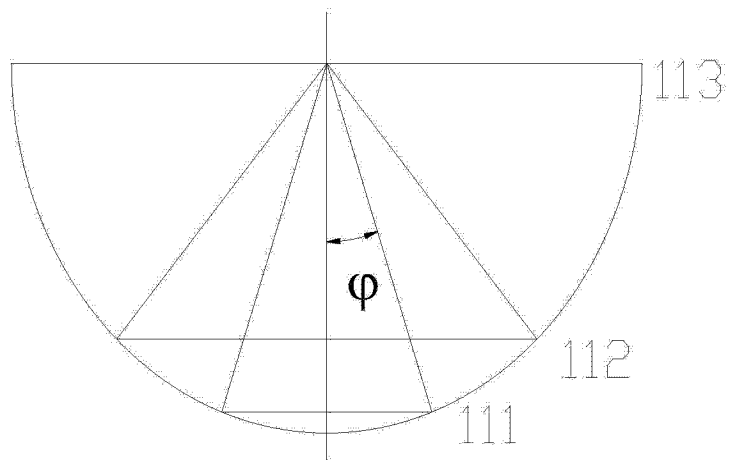


图 3

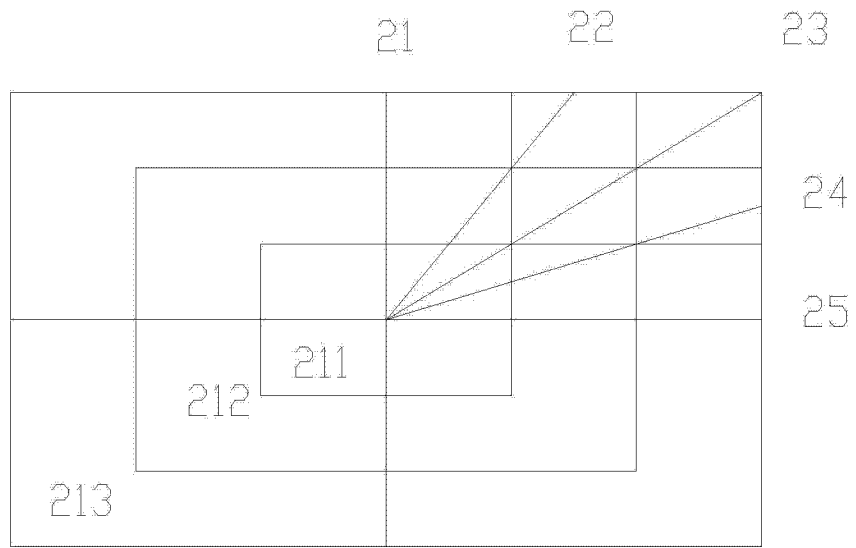


图 4

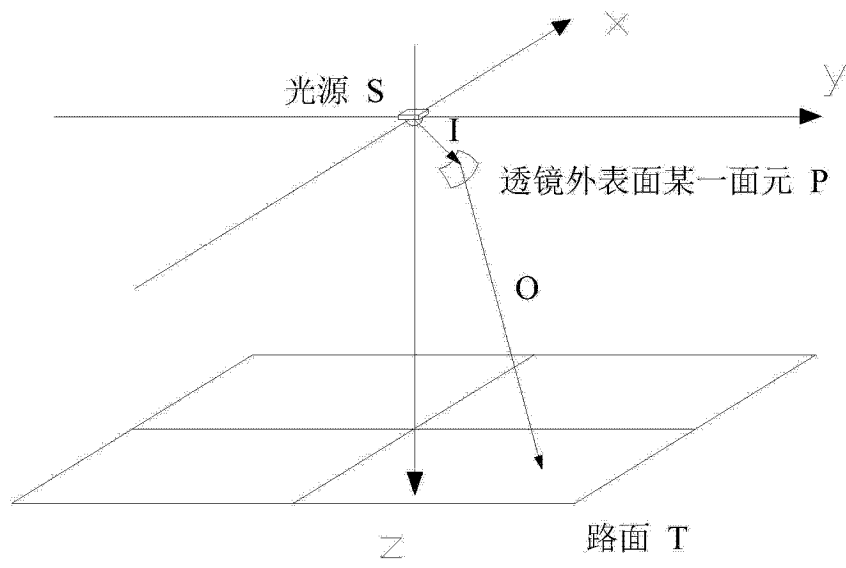


图 5

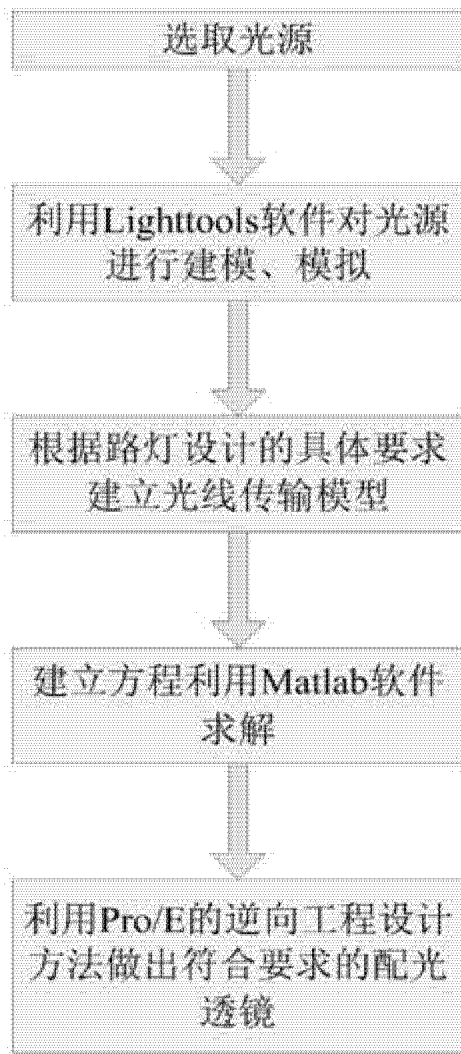


图 6

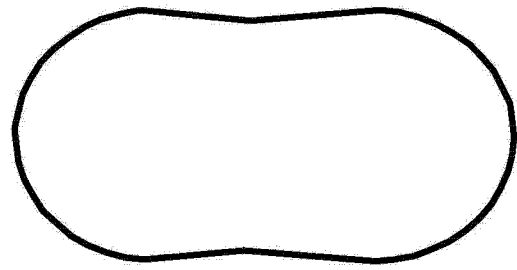


图 7

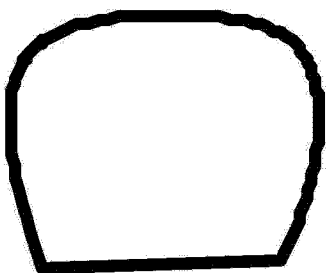


图 8

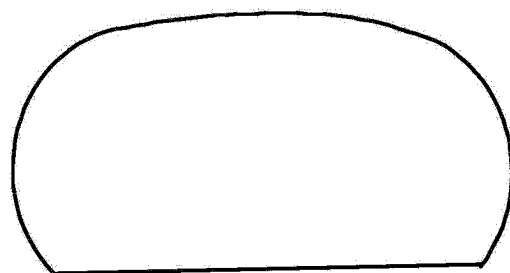


图 9