

用于夜间监控红外照明的新型LED全反射式透镜

申请号：[201210259953.0](#)

申请日：2012-07-25

申请(专利权)人 [中国科学院长春光学精密机械与物理研究所](#)

地址 [130033 吉林省长春市东南湖大路3888号](#)

发明(设计)人 [刘华](#) [辛迪](#) [卢振武](#)

主分类号 [F21V5/04\(2006.01\)I](#)

分类号 [F21V5/04\(2006.01\)I](#) [G02B3/06\(2006.01\)I](#)
[F21Y101/02\(2006.01\)N](#)

公开(公告)号 [102788317A](#)

公开(公告)日 [2012-11-21](#)

专利代理机构 [长春菁华专利商标代理事务所 22210](#)

代理人 [南小平](#)



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102788317 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 15

(21) 申请号 201210259953. 0

US 2010/0033970 A1, 2010. 02. 11, 说明书全

(22) 申请日 2012. 07. 25

文.

(73) 专利权人 中国科学院长春光学精密机械与
物理研究所

CN 1864026 A, 2006. 11. 15, 说明书第 4 页 4
行至第 5 页 3 行, 附图 1-4、6、8、9、10、12.

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

审查员 黄金龙

(72) 发明人 刘华 辛迪 卢振武

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务
所 22210

代理人 南小平

(51) Int. Cl.

F21V 5/04 (2006. 01)

G02B 3/06 (2006. 01)

F21Y 101/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102102849 A, 2011. 06. 22, 说明书全文.

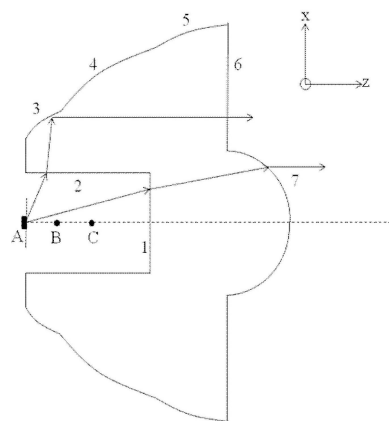
权利要求书2页 说明书4页 附图5页

(54) 发明名称

用于夜间监控红外照明的新型 LED 全反射式
透镜

(57) 摘要

用于夜间监控红外照明的新型 LED 全反射式透镜, 属于半导体照明领域, 为了解决现有红外照明灯光能利用率低、照明效果差、视场角变化范围小的问题, 本发明提供一种用于夜间监控红外照明的新型 LED 全反射式透镜, 包括圆形平面与圆柱表面形成的底部容腔和底部容腔表面、三段锥形全反射面、上端外围圆环面、上端中心透射面形成的封闭实体, 本发明采用分档照明的方式实现了连续变焦照明的效果, 且实现了更大的视场角变化范围, 全反射式透镜结构不仅提高了系统的光能利用率, 同时使目标面的辐照度分布更加均匀。



1. 用于夜间监控红外照明的新型 LED 全反射式透镜,其特征在于,该透镜由圆面、圆柱面、三段锥形全反射面、上端外围圆环面和上端中心透射面形成的封闭实体;

该透镜的设计过程如下:

首先确定红外灯的三种照明模式的视场角,摄像机的视场角 β 由 CCD 像面尺寸 d 及摄像机镜头焦距 f 确定:

$$\beta = 2 \times \arctan\left(\frac{d}{2 \times f}\right) \quad (1)$$

要求监控区域内的人要占到监控屏的 50% 以上,即:

$$\frac{h}{2 \times D \times \tan(\beta/2)} \geq 50\% \quad (2)$$

其中, h 表示监控区域内人的身高, D 表示监控距离;

红外灯的设计,光源的光功率设为 W_t ,目标面所在距离为 D ,红外灯视场角为 α ,目标面上的辐照度可以按下式计算:

$$E = W_t / (\pi D^2 \tan^2(\alpha/2)) \quad (3)$$

摄像机能感应的最小辐照度值决定于所选用的 CCD,用 E_m 表示;目标面上的辐照度 E 应满足:

$$E \geq E_m \quad (4)$$

由上面关系式,红外灯的照射距离随视场角的变化关系即可得到;要保证红外灯的视场角大于摄像机的视场角,通过上述计算过程即可得到三种模式所要求的视场角;

在透镜计算过程中,首先计算上端中心透射面,以光线与离散点切线方面的交点为新的离散点,并结合斯涅耳定律:

$$\left[1 + n^2 - 2n(\vec{O} \cdot \vec{I})\right]^{1/2} \vec{N} = \vec{O} - n\vec{I} \quad (5) \text{ 计算该点处的法线}$$

方向,式中 n 表示透镜材料折射率, $\vec{I}$ 和 $\vec{O}$ 分别表示透射面上的入射光线矢量和出射光线矢量, $\vec{N}$ 表示法向矢量;依此方法,逐点计算出透射面上的全部离散点坐标;绕光轴旋转一周,即得中心透射面面形;

三段全反射面的计算方法如下:

LED 设为理想朗伯体,其归一化光强分布与相应的累积辐通量分布如下所示:

$$I(\varphi) = \cos \varphi \quad (6)$$

$$\phi_s(\varphi) = \int I(\varphi) d\omega = \pi \sin^2 \varphi \quad (7) \quad \varphi \text{ 表示入射光线与光轴的夹角}$$

;入射累积辐通量由两部分组成:经透射面的能量分布 $\phi_{\text{refract}}(\varphi)$ 与经全反射面的能量分布 $\phi_{\text{TIR}}(\varphi)$;两部分能量分布可分别表示为:

$$\phi_{\text{refract}}(\varphi) = \pi \sin^2 \varphi_\gamma, \varphi_\gamma \in (0, \varphi_c) \quad (8)$$

$$\phi_{\text{TIR}}(\varphi) = \pi(\sin^2 \varphi_d - \sin^2 \varphi), \varphi \in (\varphi_u, \varphi_d) \quad (9) \quad \gamma \text{ 表示出射光线与光}$$

轴的夹角, φ_γ 与 γ 一一对应; φ_c 为透射面所控制光束的最大角度; φ_u 和 φ_d 为全反射面所

控制光束的边界光线角度;能够实现远场目标面照度均匀的光强分布形式为

$I(\gamma) = I_0 \cos^3(\gamma)$ (10) 由上式积分可得到理想的出射累积辐通量分布如下所示:

$\Phi_t(\gamma) = I_0 \pi (1 - \cos^2 \gamma)$, $\gamma \in (0, \gamma_{\max})$ (11) $\gamma_{\max}$ 表示 γ 的最大值;归一化后, $I_0 = 1(1 - \cos^2 \gamma_{\max})$, 透射部分能量与全反射部分能量相互配合, 共同实现如 (11) 式所示的理想的出射能量分布形式, 即:

$$\phi_t(\gamma) = \phi_{\text{refract}}(\varphi) + \phi_{\text{TIR}}(\varphi) \quad (12)$$

将 (8)、(9) 和 (11) 式分别代入 (12) 式, 即得全反射面上的入射光线与出射光线的对应关系:

$$\varphi = \arcsin(\sqrt{(\sin^2 \varphi_\gamma + \sin^2 \varphi_d) - I_0(1/\cos^2 \gamma - 1)}) \quad (13)$$

依据透射面同样的计算过程, 即可得到全反射面的面形结构。

2. 根据权利要求 1 所述的用于夜间监控红外照明的新型 LED 全反射式透镜, 其特征在于, 所述三段锥形全反射面包括下部锥形全反射面 (3)、中部锥形全反射面 (4) 和上部锥形全反射面 (5)。

3. 根据权利要求 2 所述的用于夜间监控红外照明的新型 LED 全反射式透镜, 其特征在于, 所述下部锥形全反射面 (3), 中部锥形全反射面 (4), 上部锥形全反射面 (5) 以及上端中心透射面 (7) 均为自由曲面。

用于夜间监控红外照明的新型 LED 全反射式透镜

技术领域

[0001] 本发明属于半导体照明领域,具体涉及用于夜间监控红外照明的新型 LED 全反射式透镜。

背景技术

[0002] 随着安防监控系统的不断升级,人们对于夜间监控的要求逐渐提高,要求相应的红外辅助照明设备能够在远场,中场及近场间进行调节,以随时应对不同情况下的监控需要,即需要变焦光学系统对红外照明光源进行二次配光。

[0003] 现有的红外照明灯往往采用传统透镜作为配光元件。这种配光方式主要有三个问题:首先,这种形式的配光只能控制光源发出的中心部分的光束,而大角度光束由于无法收集而浪费,降低了系统的光能利用率。第二,传统透镜的设计自由度比较低,离焦后光束均匀性迅速降低,照明效果较差。第三,透镜形式能够实现的视场角变化范围往往不够大,对于有些视场角变化范围大的摄像机,不能完全覆盖其照射区域,降低了有效监控范围。

发明内容

[0004] 为了解决现有红外照明灯光能利用率低、照明效果差、视场角变化范围小的问题,本发明提供一种用于夜间监控红外照明的新型 LED 全反射式透镜。

[0005] 本发明的技术方案是:用于夜间监控红外照明的新型 LED 全反射式透镜,该透镜由圆面、圆柱面、三段锥形全反射面、上端外围圆环面和上端中心透射面形成的封闭实体。

[0006] 本发明的有益效果:本发明采用分档照明的方式实现了连续变焦照明的效果,且实现了更大的视场角变化范围。全反射式透镜结构不仅提高了系统的光能利用率,同时使目标面的辐照度分布更加均匀。

附图说明

[0007] 图 1 是本发明全反射式透镜的二维结构示意图。

[0008] 图 2 是本发明全反射式透镜的后端视角的立体示意图。

[0009] 图 3 是本发明全反射式透镜的前端视角的立体示意图。

[0010] 图 4 是本发明全反射式透镜的照明效果示意图。

[0011] 图 5 是摄像机与红外灯的照射距离随视场角的变化关系曲线。

[0012] 图 6 是本发明全反射式透镜上端中心透射面的计算过程示意图。

[0013] 图 7 是本发明全反射式透镜在大角度模式下的配光曲线图。

[0014] 图 8 是本发明全反射式透镜在中角度照明模式下的配光曲线图。

[0015] 图 9 是本发明全反射式透镜在聚光照明模式下的配光曲线图。

具体实施方式

[0016] 下面结合附图对具体实施方式作进一步说明。

[0017] 如图 1 至图 3 所示,用于夜间监控红外照明的新型 LED 全反射式透镜,包括圆形平面 1 和圆柱面 2 形成的底部容腔;底部容腔的表面、三段锥形全反射面、上端外围圆环面 6 和上端中心透射面 7 形成的封闭实体。三段锥形全反射面包括下部锥形全反射面 3、中部锥形全反射面 4 和上部锥形全反射面 5,且三段锥形全反射面均为自由曲面。上端中心透射面 7 为自由曲面。A、B、C 表示光源的三个位置。

[0018] 本发明的透镜材料为 PC,光源选择 OSRAM SFH4235LED。监控系统选择 SONYFCB-EX480CP 摄像机,其视场角范围为 2.8° 到 48° 。

[0019] 如图 4 至图 5 所示,红外灯的最远照射距离为 D_3 ,照射区域依据照射距离的远近分为 3 部分:从光源到 D_1 的近场区域,从 D_1 到 D_2 的中场区域,从 D_2 到 D_3 的远场区域。当 LED 分别位于 A、B 和 C 时,所述透镜能够分别实现聚光、中角度照明和大角度照明三种模式,兼顾了远场照明、中场照明和近场照明,覆盖整个照明区域,并且在接收面上实现了很高的辐照度均匀度,照明效果良好。

[0020] 本发明用于夜间监控红外照明的新型 LED 全反射式透镜设计过程如下:

[0021] 首先确定红外灯的三种照明模式的视场角。摄像机的视场角 β 由 CCD 像面尺寸 d 及摄像机镜头焦距 f 确定:

$$[0022] \quad \beta = 2 \times \arctan\left(\frac{d}{2 \times f}\right) \quad (1)$$

[0023] 为了清楚地识别人面部特征,要求监控区域内的人要占到监控屏的 50% 以上,即:

$$[0024] \quad \frac{h}{2 \times D \times \tan(\beta/2)} \geq 50\% \quad (2)$$

[0025] 其中, h 表示监控区域内人的身高, D 表示监控距离。这样,一旦 CCD 与摄像机镜头确定下来,那么摄像机的视场角范围就确定下来,随之摄像机的监控距离随视场角的变化关系即可确定下来。

[0026] 红外灯的设计目标是能够使远场目标面辐照度均匀。光源的光功率设为 W_t ,目标面所在距离为 D ,红外灯视场角为 α 。这样,目标面上的辐照度可以按下式计算:

$$[0027] \quad E = W_t / (\pi D^2 \tan^2(\alpha/2)) \quad (3)$$

[0028] 摄像机能感应的最小辐照度值决定于所选用的 CCD,用 E_m 表示。目标面上的辐照度 E 应满足:

$$[0029] \quad E \geq E_m \quad (4)$$

[0030] 由上面关系式,红外灯的照射距离随视场角的变化关系即可得到。要保证红外灯的视场角大于摄像机的视场角,通过上述计算过程即可得到三种模式所要求的视场角。

[0031] 三种模式下的视场角的计算过程:

[0032] 在整个变焦过程中,应该保证红外灯的视场角大于摄像机的视场角。首先确定红外灯的最大视场角。摄像机视场角范围是 2.8° 到 48° ,因此红外灯的最大视场角可选为 50° 。光源选择 OSRAM SFH4235LED,其光功率在 1A 时的典型值为 950mw,摄像机能感应且被人眼识别的最小辐照度值为 $0.007\text{w}/\text{m}^2$ 。利用公式(3),(4)即可计算出 50° 的视场角最远的照射距离为 12m。再根据公式(1),(2)可计算得到,摄像机的监控距离为 12m 时所要求的最小视场角为 17° 。同理红外灯的中视场角可选为大于 17° 的值,本文选为 22° ,照

射距离最远至 27m。利用同样的方法计算可得聚光照明模式视场角为 8° ，照射距离最远至 100m。

[0033] 在确定了红外灯的三个视场角后，可以确定光源的位置。位置 A 位于底部容腔最底端，LED 位于位置 A 时红外灯处于聚光模式。光束经所述透镜中心透射面 7 与锥形全反射面 3 准直出射，因此可首先计算得到这两段自由曲面面形。

[0034] 如图 6 所示，以透射面 7 的曲面为例， P_0, P_1 和 P_2 表示透射面母线上的离散点， i_0, i_1 和 i_2 表示 LED 发出的光线， $\vec{T}_0$ 和 $\vec{T}_1$ 分别表示 P_0 和 P_1 点处的切线方向。首先依据透镜尺寸要求确定 P_0 点坐标，其法向沿光轴方向，下一点 P_1 为光线 i_1 与 P_0 点切线方向 $\vec{T}_0$ 的交点。该点处的法线方向可依据斯涅耳定律求得：

$$[0035] \quad \left[1 + n^2 - 2n(\vec{O} \cdot \vec{T})\right]^{1/2} \vec{N} = \vec{O} - n\vec{T} \quad (5)$$

[0036] 式中， n 表示透镜材料折射率， $\vec{T}$ 和 $\vec{O}$ 分别表示透射面上的入射光线矢量和出射光线矢量， $\vec{N}$ 表示法向矢量。依次方法，逐点计算出透射面上的全部离散点坐标。绕光轴旋转一周，即得中心透射面面形。全反射面 3 的计算过程与中心透射面 7 相类似。

[0037] 得到了中心透射面 7 上的各个离散点坐标与法向矢量，则 LED 位于任何位置时经透射面 7 的出射光分布即可通过如 (5) 式所示的斯涅耳定律结合如 (6) 式所示的 LED 配光曲线求得，进而可以依据相应的视场角要求确定 LED 的另外两个位置 B 和 C。

[0038] 当 LED 位于位置 B 时，可计算全反射面 4。当 LED 位于位置 C 时，可计算全反射面 5。全反射面 4 与全反射面 5 的设计过程是一样的，这里只论述全反射面 4 的设计过程。LED 设为理想朗伯体，其归一化光强分布与相应的累积辐通量分布如下所示：

[0039]

$$I(\varphi) = \cos \varphi \quad (6)$$

[0040]

$$\phi_s(\varphi) = \int I(\varphi) d\omega = \pi \sin^2 \varphi \quad (7)$$

[0041] φ 表示入射光线与光轴的夹角。入射累积辐通量由两部分组成：经透射面 7 的能量分布 $\phi_{refract}(\varphi)$ 与经全反射面 4 的能量分布 $\phi_{IRR}(\varphi)$ 。两部分能量分布可分别表示为：

[0042]

$$\phi_{refract}(\varphi) = \pi \sin^2 \varphi_\gamma, \varphi_\gamma \in (0, \varphi_c) \quad (8)$$

[0043]

$$\phi_{IRR}(\varphi) = \pi(\sin^2 \varphi_d - \sin^2 \varphi), \varphi \in (\varphi_u, \varphi_d) \quad (9)$$

[0044] γ 表示出射光线与光轴的夹角。 φ_γ 与 γ 一一对应。 φ_c 为透射面 7 所控制光束的最大角度。 φ_u 和 φ_d 为全反射面 4 所控制光束的边界光线角度。能够实现远场目标面照度均匀的光强分布形式为：

$$[0045] \quad I(\gamma) = I_0 / \cos^3(\gamma) \quad (10)$$

[0046] 由上式积分可得到理想的出射累积辐通量分布如下所示：

$$[0047] \quad \phi_t(\gamma) = I_0 \pi (1 / \cos^2 \gamma - 1), \gamma \in (0, \gamma_{\max}) \quad (11)$$

[0048] $\gamma_{\max}$ 表示 γ 的最大值。归一化后， $I_0 = 1 / (1 / \cos^2 \gamma_{\max} - 1)$ ，透射部分能量与全反射部分能量相互配合，共同实现如 (11) 式所示的理想的出射能量分布形式，即：

[0049]

$$\phi_i(\gamma) = \phi_{refract}(\varphi) + \phi_{TIR}(\varphi) \quad (12)$$

[0050] 将(8)、(9)和(11)式分别代入(12)式,即得全反射面4上的入射光线与出射光线的对应关系:

[0051]

$$\varphi = \arcsin(\sqrt{(\sin^2 \varphi_\beta + \sin^2 \varphi_d) - I_0(1/\cos^2 \gamma - 1)}) \quad (13)$$

[0052] 利用(13)式,依据透射面7同样的计算过程,即可得到全反射面4的面形结构。

[0053] 上述内容为本发明全反射式透镜的初始结构,但该初始结构需要进行一定的修正。这是由于,第一,在设计过程中将LED视为理想点光源,而实际的LED具有一定的大小。第二,当LED位于某一位置时,计算相应的全反射面的面形,而入射到另外两个全反射面的光线则无法控制。因此,需要依据模拟结果对LED的位置进行轴向的微小调整并且重新调整三段全反射面所分配的能量比重,直到模拟结果符合设计要求。

[0054] 如图7至图9所示,分别为近场、中场和远场的光强分布曲线。从曲线中可以看出,其视场角分别为 50° 、 22° 和 8° 。视场角定义为光强为峰值的1/2所对应角度的2倍。中场和远场的光强分布曲线基本符合如公式(10)所示的形式,即能够实现目标面辐照度相对均匀。

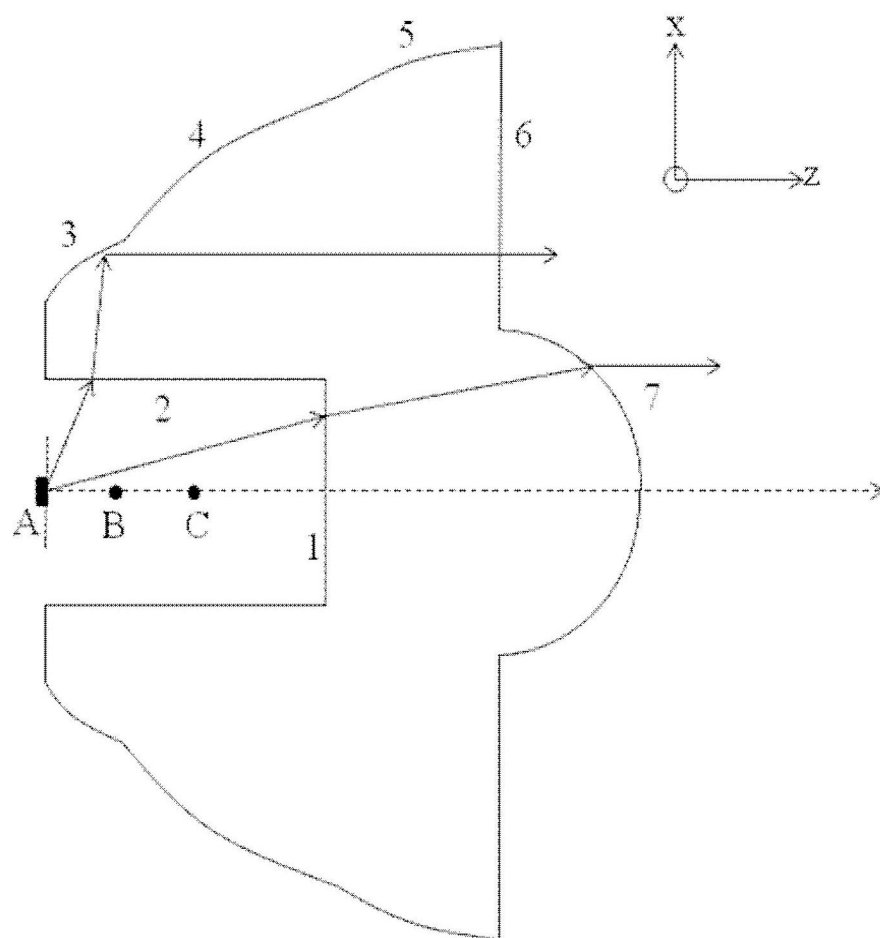


图 1

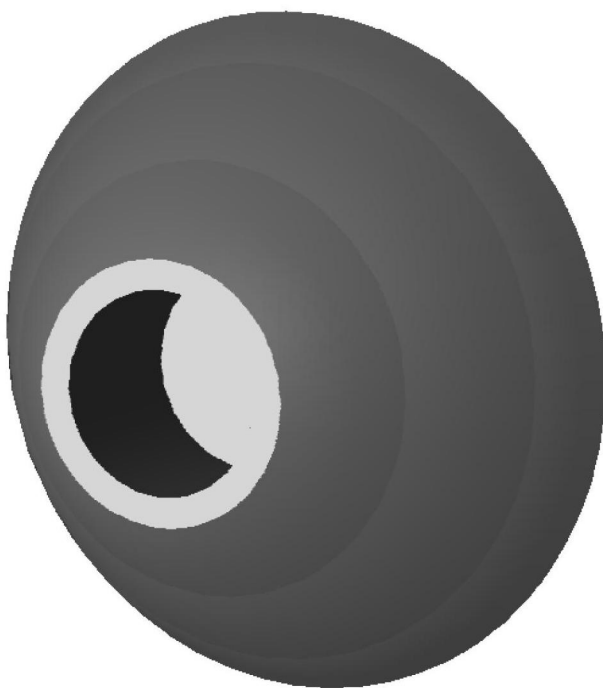


图 2

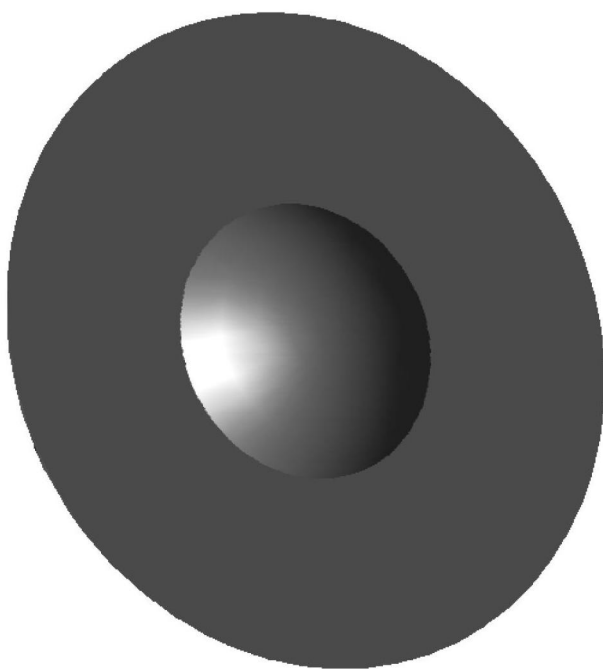


图 3

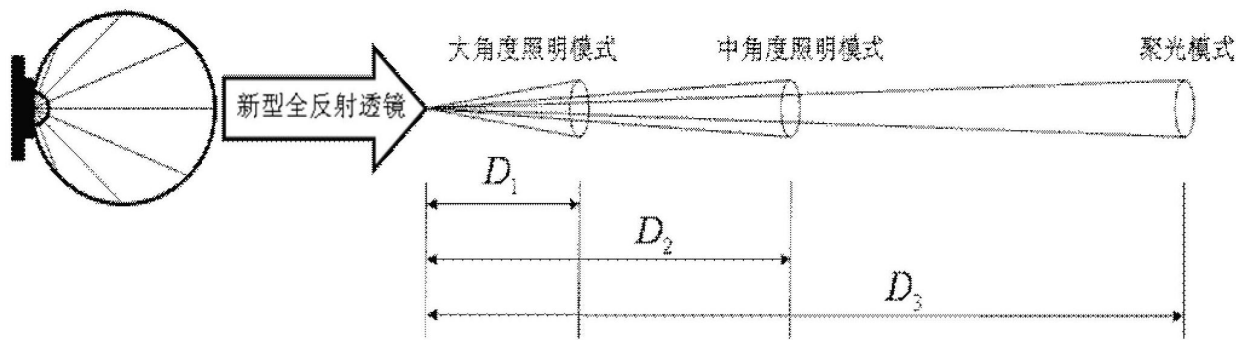


图 4

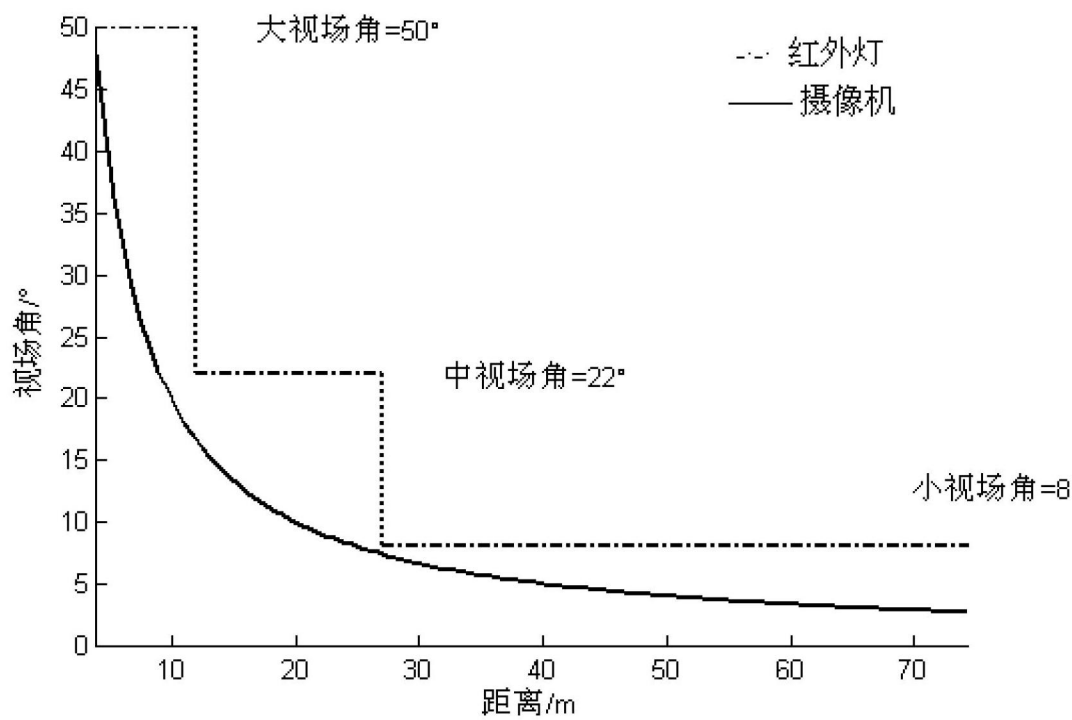


图 5

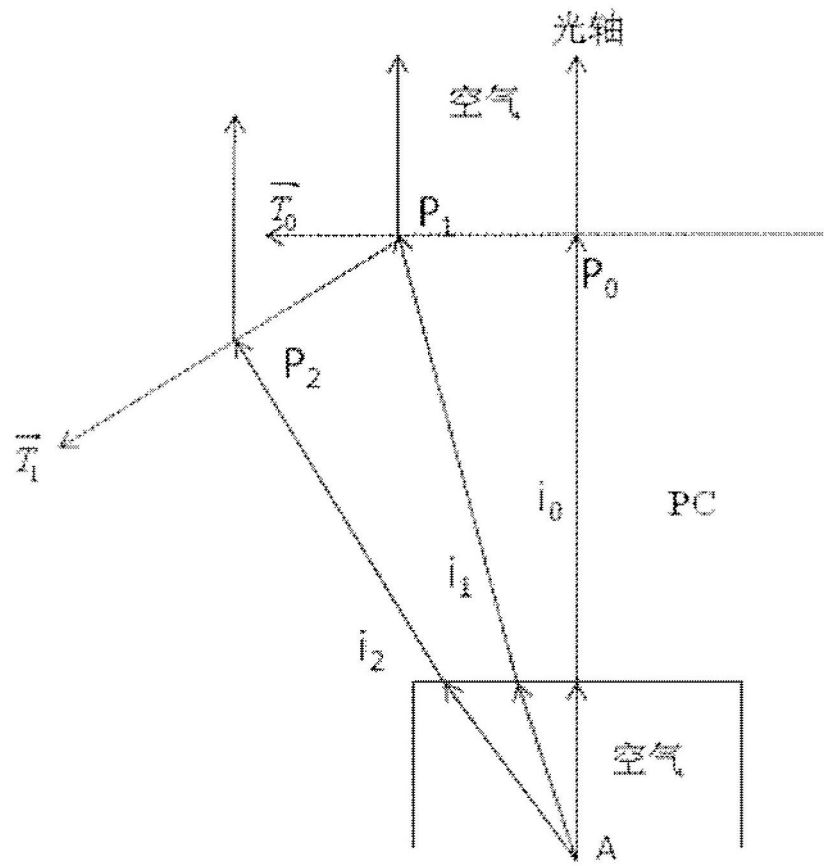


图 6

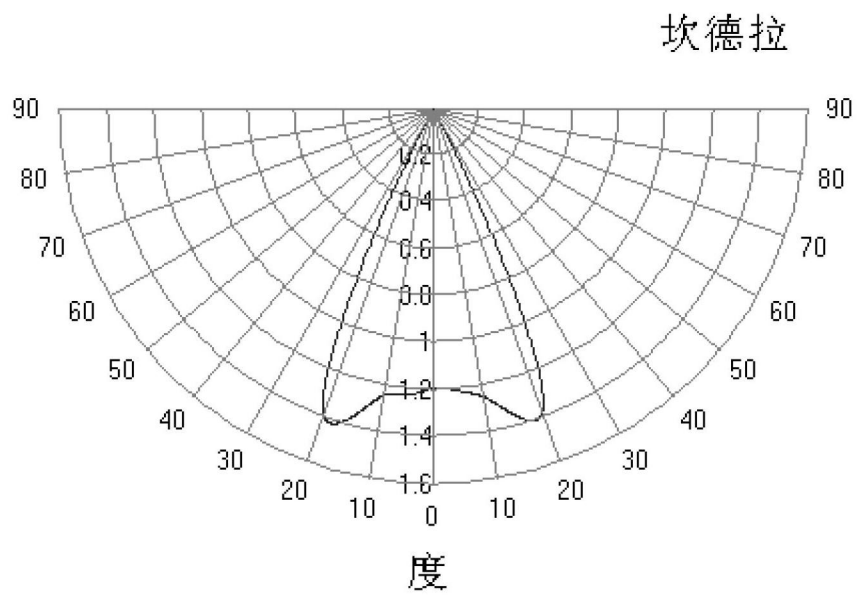


图 7

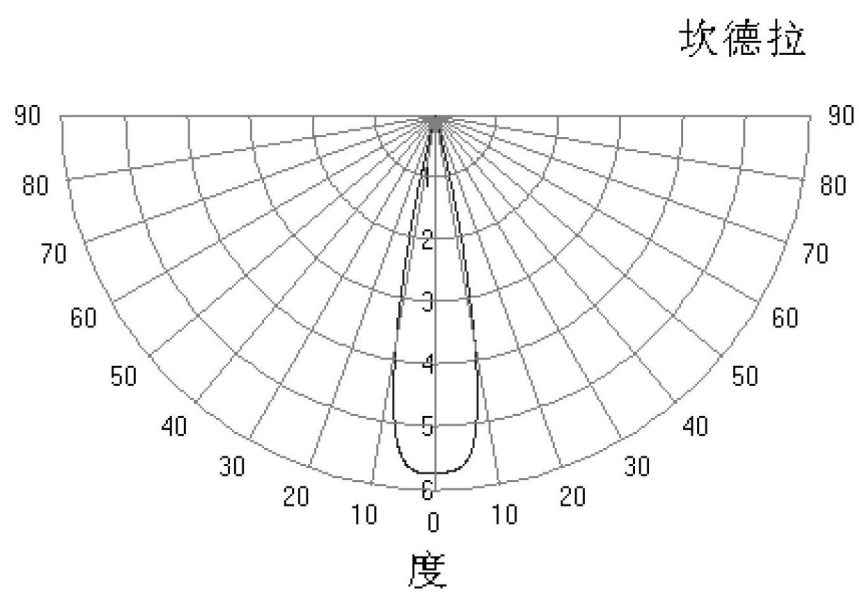


图 8

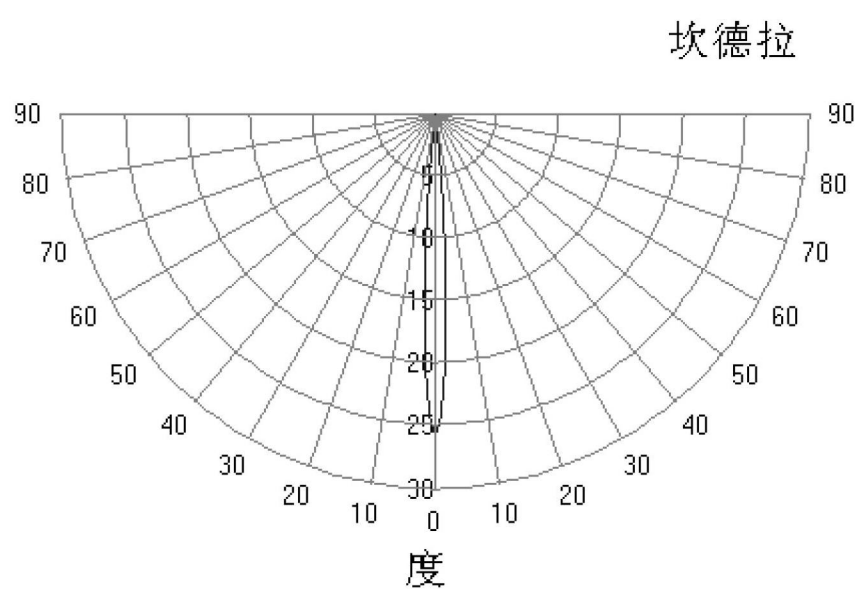


图 9