



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108386740 B

(45)授权公告日 2020.05.26

(21)申请号 201810153841.4

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2013.03.05

F21K 9/60(2016.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

F21V 5/04(2006.01)

申请公布号 CN 108386740 A

F21V 13/02(2006.01)

(43)申请公布日 2018.08.10

F25D 27/00(2006.01)

(30)优先权数据

G02B 19/00(2006.01)

61/606,710 2012.03.05 US

(56)对比文件

(62)分案原申请数据

US 2009207586 A1,2009.08.20,

201380013036.7 2013.03.05

CN 101363588 A,2009.02.11,

(73)专利权人 首尔半导体株式会社

US 2007091615 A1,2007.04.26,

地址 韩国京畿道安山市

CN 101561085 A,2009.10.21,

(72)发明人 戴维·G·佩尔卡 威廉·A·帕金

CN 2054539 U,1990.03.14,

(74)专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司 11286

审查员 陈嘉佳

代理人 刘灿强 尹淑梅

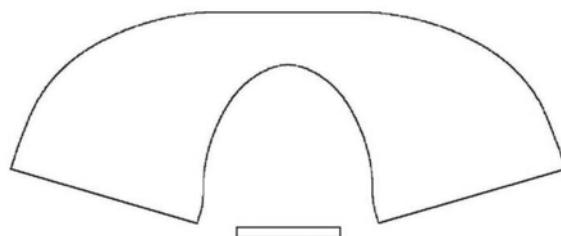
权利要求书1页 说明书14页 附图13页

(54)发明名称

用于短投照明的照明透镜

(57)摘要

本发明的示例性实施例提供一种用于短投照明的广角照明图案。根据示例性实施例的照明透镜包括：光入射表面，光入射表面限定关于中心轴具有旋转对称性的空腔，光入射表面被构造成为在下面的发光元件接收光；光出射表面，包括与中心轴交叉的平坦表面和从平坦表面朝着侧部延伸的凸表面；以及底表面，连接光入射表面和光出射表面，其中，底表面包括具有由底表面关于水平轴形成的角度的倾斜表面。



1.一种发光装置,包括:

发光元件,设置在印刷电路板上;

照明透镜,包括:光入射表面,光入射表面限定关于中心轴具有旋转对称性的空腔,光入射表面被构造成从发光元件接收光;光出射表面,包括与中心轴交叉的平坦表面和从平坦表面朝着侧部延伸的凸表面;以及底表面,连接光入射表面和光出射表面,

其中,底表面包括具有由底表面关于水平轴形成的角度的倾斜表面,

其中,在剖面图中,光出射表面的最上部与垂直于中心轴的水平轴平行,

其中,在剖面图中,底表面的最下部与水平轴具有两个交点。

2.如权利要求1所述的发光装置,其中,发光装置的基准轴和发光元件的发射表面的交叉点是基准点,

其中,在 $\alpha_2 < 60^\circ$ 的范围内, $R_2$ 随着 $\alpha_2$ 增加而增加,其中, $R_2$ 是基准点与光出射表面上的任意点之间的距离, $\alpha_2$ 是基准轴与穿过基准点和光出射表面上的所述任意点的直线之间的角度。

3.如权利要求2所述的发光装置,其中, $A_2 < 1/\sqrt{n^2 - 1}$ ,其中,n是形成照明透镜的材料的折射率,并且 $A_2 = \Delta R_2 / (R_2 \cdot \Delta \alpha_2)$ ,其中, $\Delta R_2$ 是 $R_2$ 的增量, $\Delta \alpha_2$ 是 $\alpha_2$ 的增量。

4.如权利要求1所述的发光装置,其中,在剖面图中,设置在光出射表面的最上部和光入射表面的最上部之间的第一部分与水平轴具有两个交点。

5.如权利要求1所述的发光装置,其中,光出射表面的平坦表面位于光入射表面的中心上方。

6.如权利要求1所述的发光装置,其中,照明透镜还包括设置在底表面的边缘上的销。

7.如权利要求1所述的发光装置,其中,印刷电路板的上表面包括黑漆。

8.一种照明透镜,包括:

光入射表面,光入射表面限定关于中心轴具有旋转对称性的空腔,光入射表面被构造成从在下面的发光元件接收光;

光出射表面,包括与中心轴交叉的平坦表面和从平坦表面朝着侧部延伸的凸表面;以及

底表面,连接光入射表面和光出射表面,

其中,底表面包括具有由底表面关于水平轴形成的角度的倾斜表面,

其中,在剖面图中,光出射表面的最上部与垂直于中心轴的水平轴平行,

其中,在剖面图中,底表面的最下部与水平轴具有两个交点。

## 用于短投照明的照明透镜

[0001] 本申请是申请日为2013年3月5日、申请号为201380013036.7、题为“用于短投照明的照明透镜”的专利申请的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本发明的示例性实施例涉及适用于短投照明的广角照明图案和一种用于产生所述广角照明图案的表面轮廓的总体设计方法。

### 背景技术

[0003] 发光二极管(LED)可以在如此小(跨越几毫米)的区域中产生光,以致将光通量均匀地扩散到大的目标区域(尤其是那些宽度比距LED的距离更大的区域)是具有挑战性的。所谓对近目标的短投照明(short-throw lighting)是针对远目标的点照明的对立面。正是因为LED自己不能产生聚光光束,所以需要准直透镜,LED可以同样不适用于广角照明,因此,需要照明透镜来完成这一工作。

[0004] 短投照明的主要示例是用于直视液晶显示器(LCD) TV的背光单元(BLU)的光学透镜。这里,BLU的总厚度通常为26mm或者更小,LED之间的距离是大约200mm。LCD背光源可包括围绕透明波导的边缘排列的荧光灯管,荧光灯管将光注入到波导中,通过均匀的出射执行实际的背光照明。虽然由于荧光灯管的厚度可以将荧光灯管设置在背光源周边,发光二极管如此小以致于它们可以直接设置在LCD显示器后面(所谓的“直视背光”),但是它们的点状属性使均匀性变得更加困难,这在最近二十年中促进着现有技术的广泛领域。然而,不只是本领域,也适用于超薄显示器。

[0005] 密切地限制纵横比(aspect ratio)的另一显著的应用是大型冷柜。用于零售业的商用冷柜通常具有玻璃门,照明装置安装在门铰接柱(在本行业中称为竖框)后面。直到最近,管状荧光灯一直是唯一的货架照明装置,而不管冰冷状况如何负面影响其亮度和寿命。此外,荧光灯管会在冷柜货架上产生非常不均匀的照明图案。然而,发光二极管可以承受冰冷状况并且比荧光灯管小得多,这就允许采用照明透镜来提供比荧光灯管能实现的图案更加均匀的图案。由于荧光灯管向所有方向照射(而不是仅仅照射到货架),所以浪费了荧光灯管的许多光。然而,使用合适的照明透镜,LED能够更加有效率,在不考虑荧光灯管的良好效率的情况下,LED允许比荧光灯管更低的功率水平。

[0006] 根据使用了多少LED,可以将LED照明透镜分为三组:

[0007] (1) 具有一行较小的密集间隔的LED的挤压线性透镜(诸如第7,273,299号和7,731,395号美国专利所描述的透镜)。

[0008] (2) 圆形对称照明透镜。

[0009] (3) 具有矩形图案的自由形态照明透镜(诸如第7,674,019号美国专利所描述的透镜)。

[0010] 为了实现合理的均匀性,前两种方式可能需要很多LED,但是关于LED最近的趋势是可以产生如此高的亮度以致可能需要较少的LED,从而允许有效的节电。最后一种方式的

优点是：除了已经证明难以通过注射成型生产用于产生矩形图案的自由形态透镜以外，其叠加的足够的图形精度以达到无焦散(焦散是提高的照度的显著的小区域)。

[0011] 此外，现有技术更加具有挑战的是：由于在LED通量输出方面的持续的年复一年的改进，何时需要更少的LED。毕竟，背光单元厚度实际上是相对于LED之间的间隔而言的，而不是相对于整个背光单元的总宽度而言的。例如，在LCD背光单元厚度为1”、LED之间的间隔为4”的情况下，透镜的任务与前述的冷柜近似地成比例。因为与2.5至5英尺冷柜门相比，LCD的更小尺寸，所以可使用具有小的出射面积的低功率LED，典型地，可使用不具有圆顶形的硅树脂透镜的顶式LED结构。

[0012] 可以在第2006/0138437号美国专利申请和第7,348,723号、第7,445,370号、第7,621,657号和第7,798,679号美国专利中找到用于解决这一问题的非特定设计的方法。然而，第7,798,679号美国专利只包含了对上述透镜属性的致的模糊描述，并且不包含用于区分适用其大致描述的大量明显不同的形状的具体方法。

[0013] 经验表明：照明透镜不会容许小的形状误差(诸如不熟练的注射成型或微小的设计缺陷所导致的形状误差)。透镜的局部斜率的非常小的变化可导致足以破坏产品的尝试的高度可见的照明伪影(artifact)。因此，这样大致的描述(诸如那些在第7,798,679号美国专利中的描述)不足以进行实际应用，这是因为即使最错误的和低性能的透镜也可以像精确的、高性能的透镜一样来实现它们。此外，第7,798,679号美国专利未提供具体的、区分形状的说明，而所述说明的精确的细节是现代光学制造所必需的。

## 发明内容

[0014] 技术问题

[0015] 在此公开的是产生适用于短投照明的广角照明图案的实施例。还公开了一种基于非成像光学(具体地，为非成像光学中新的分支(光度非成像光学))产生照明图案的表面轮廓的总体设计方法。这一领域以新方式应用集光率的基础非成像光学思想来分析照明图案，并且使用由给定尺寸的光源(在这种情况下，光源为LED)所需的最大尺寸的透镜定义的难度，根据产生照明图案的难度对其分类。

[0016] 技术方案

[0017] 本发明的第一个目的是公开数值明确的透镜结构，所述透镜结构排列将为近的平面目标(尤其是针对零售制冷显示器和尽可能最薄的直视LCD背光源)提供均匀照明。

[0018] 本发明的第二个目的是为由于体散射以及因菲涅尔反射引起的散射而导致的照明图案畸变提供补偿，所述体散射以及因菲涅尔反射引起的散射共同用作附加的、不加以区别的辅助光源。

[0019] 应该理解的是，上面的总体描述和下面的详细描述两者均是示例性的和解释性的，并且意在提供权利要求限定的本发明的进一步的解释。

[0020] 附图的简要说明

[0021] 附图示出了本发明的实施例，并且附图连同描述一起用于解释本发明的原理，包括附图以提供对本发明的进一步的理解，附图被包含在说明书中并构成本说明书的一部分。

[0022] 图1示出了由圆形图案照明的矩形门。

- [0023] 图2示出了单独的照明图案的曲线图。
- [0024] 图3示出了图1中的具有倾斜角度的门的侧视图。
- [0025] 图4示出了所需的光源放大率的曲线图。
- [0026] 图5示出了照明透镜和LED的截面图。
- [0027] 图6A至图6F示出了穿过目标的光源-图像光线。
- [0028] 图7示出了矩形门如何仅被四个LED照明。
- [0029] 图8示出了另一照明透镜和LED的截面图。
- [0030] 图9示出了体散射的数学描述。
- [0031] 图10是照明图案的曲线图。
- [0032] 图11建立了轮廓生成的2D光源-图像方法。
- [0033] 图12示出了根据图11的轮廓生成方法。
- [0034] 图13A和图13B示出了轮廓生成的3D光源-图像方法。
- [0035] 图14利用定义光线示出了凹平透镜中心。
- [0036] 图15利用定义光线示出了凹凹透镜中心。
- [0037] 图16利用定义光线示出了平凹透镜中心。
- [0038] 图17示出了由图14中的透镜中心制成的完整透镜。
- [0039] 图18示出了由图15中的透镜中心制成的完整透镜。
- [0040] 图19示出了由图16中的透镜中心制成的完整透镜。
- [0041] 图20示出了根据图19的短投照明透镜。
- [0042] 图21示出了图20中的短投照明透镜的特征的详细视图。

## 具体实施方式

[0043] 以下,将参照附图更充分的描述本发明,在附图中示出了本发明的实施例。然而,本发明可以以多种不同的形式实施,并且不应该被解释为受限于在此阐述的实施例。更确切地说,提供这些实施例以使本公开是彻底的,并将本发明的范围充分地传达给本领域技术人员。在附图中,为了清晰可夸大层和区域的尺寸和相对尺寸。附图中相同的标号指示相同的元件。

[0044] 将理解的是,当一个元件或层被称为“位于另一个元件或层上”或“连接到”另一个元件或层时,它可以直接位于另一个元件或层上或者直接连接到另一个元件或层,或者可能存在中间元件或层。相反地,当一个元件被称为“直接位于另一个元件或层上”或“直接连接到”另一个元件或层时,不存在中间元件或层。将理解的是,对于本公开的目的,“X、Y和Z中的至少一个”可以解释为仅X、仅Y、仅Z,或者X、Y和Z中的两项或更多项的任意组合(例如,XYZ、XYY、YZ、ZZ)。

[0045] 在这里可使用空间相对术语,诸如“在……下面”、“在……下方”、“下”、“在……上方”、“上”等,以便于描述如附图中所示的一个元件或特征与另一元件或特征的关系。应该理解的是,空间相对术语意在包含装置在使用或操作中的除了在附图中描绘的方位之外的不同方位。例如,如果在附图中装置被翻转,则被描述为“在”其它元件或特征“下方”或者其它元件或特征“下面的”元件随后将被定位为“在”其它元件或特征“上方”。因此,示例性术语“在……下方”可包括“在……上方”和“在……下方”两种方位。所述装置可被另外定位

(旋转90度或者在其它方位),并且相应地解释这里使用的空间相对描述符。

[0046] 零售商使用的商用柜陈列柜从竖框(mullion)到货架的前面的距离具有一定范围(通常为3”至8”),由于店主力图将越来越多的产品塞入到大型冷柜陈列柜中,所以具有更小的间隔的商用冷柜陈列柜变得更为普遍。荧光灯管对于这些更加紧凑的间隔具有更大的难度,导致了对LED照明技术的加速接受。即使荧光灯管具有可比得上当前的LED的效率,但是荧光灯管的大尺寸和全方向照射也阻碍了它们的效率,使得充分照明中间区域变得困难。早期的大型冷柜LED照明器使用大量的低通量LED,但是亮度上持续的进步使得能够使用更少的LED来产生相同的照度。这就导致照明透镜在排列时将叠加至均匀,同时还相对于LED的尺寸具有最小的可能的尺寸。

[0047] 图1示出了表示典型的宽为30”、高为60”的冷柜门(在任何一侧具有其它门(未示出))的矩形轮廓10。虚线的矩形11表示竖框,货架照明装置安装在竖框后面(具体地,距被照明的货架的前面的距离为3-6”)。这比距离货架中心(由虚线12表示)的距离近得多。存在十二个照明器(每侧六个),其中的四个由小圆1表示。每个照明器产生被照明的圆,所述被照明的圆的峰值位于由实线圆2表示的环上,其边缘位于虚线圆3上。这里,圆2的半径为货架宽度的四分之一,或者为到中心线12的距离的一半。圆3(在圆3处照度降低至零)的大小被设置为与对面竖框的圆2相交。

[0048] 图2示出了具有按照与上述的图1中的横坐标相同的比例水平地绘制的横坐标21的曲线图20。纵坐标22被绘制为从0至1,纵坐标22表示由竖框下方的照明器产生在货架上的理想照度I(x)(由曲线23所示)。这一照度函数与圆2上的最大值(半径为x<sub>M</sub>)有关。照度函数在半径为x<sub>E</sub>处降为零。这一逐渐降低的照度与门的相对侧上的照明器的逐渐升高的照度配对,因而,两个图案沿图1中的线4叠加至恒定照度。

[0049] 实际的注射成型的塑料透镜将在其材料内产生体散射,使得透镜自身成为发射器而不是传输器。所述体散射光将是透镜中最强的光。图2中所示的图案23中的中央凹点处于3/4水平,以补偿这一额外的体散射光,使得总图案(直接加上散射的图案)在圆2内是平坦的。这一效应在下面讨论的较大的透镜中变得更加明显。

[0050] 这一逐渐衰减图案类型的另一个优点是:中心线12上的任意点由每个竖框上的多个照明器照明,保证良好的均匀性。虚曲线24示出了单个LED的照明图案。明显不能叠加到满意的照明,更不必说均匀性,因此,需要照明透镜将光合适地分散。

[0051] 图3示出了与图1中的货架相同的货架前面矩形30的端视图。照明器如小矩形31所示。本发明的策略解决距离货架如此近(在这种情况下,距离为z<sub>T</sub>=4”)进行照明的难题。图3示出了距中心线33和边缘线34的距离分别为x<sub>m</sub>=15”和x<sub>E</sub>=22.5”,在边缘线34处照明器31的照明图案已经达到零照度。这些距离对应于如下给出的距离法线的离轴角度:

$$[0052] \gamma_m = \tan^{-1}(x_m/z_T) = \tan^{-1}(15/4) = 75^\circ$$

$$[0053] \gamma_E = \tan^{-1}(x_E/z_T) = \tan^{-1}(22.5/4) = 80^\circ$$

[0054] 这些大的倾斜角度推动需要通过透镜实现光源的相当大的横向放大率的透镜设计。相反地,在小的倾斜角度下,透镜必须具有缩小率。

[0055] 可以通过集光率因子(etendue consideration)使放大率(magnification)和缩小率(demagnification)的概念更加明确。光源集光率是面积为A<sub>S</sub>=2.1mm<sup>2</sup>的芯片置入到折射率为n=1.45的穹顶中:

[0056]  $E_S = \pi n^2 A_S \sin^2 \theta = 14 \text{ mm}^2$

[0057] 这里,  $\theta$ 是针对朗伯光源 (Lambertian source) 的 $90^\circ$ ,  $90^\circ$ 下的LED是非常良好的逼近照明 $^\circ$ 。

[0058] 照明透镜基本上对目标(目标远大于所述芯片)重新分配这一集光率。在图2中的照明图案的情况下, 目标集光率与图1中的 $45''$ 照明圆的面积 $A_T$ 相关, 被图2中的相对照明函数23加权。实际照明图案的这一简单模型具有下降至照度 $I_0$ 的中央凹点、在 $x=x_M$ 处上升到1并且在 $x=x_E$ 处下降至零。这可以被数学地表示为:

[0059]  $I(x) = I_0 + x(1 - I_0) / x_M \quad x \leq x_M$

[0060]  $I(x) = (x_E - x) / (x_E - x_M) \quad x_M \leq x \leq x_E$

[0061] 接着, 通过容易解出的积分式给出目标集光率:

[0062] 
$$E_T = \pi \sin^2 \theta_T \int_0^{x_E} 2\pi I(x) dx = 2\pi^2 \sin^2 \theta_T \left[ \left[ \frac{I_0 x^2}{2} + \frac{(1 - I_0)x^3}{3x_M} \right]_0^{x_M} + \left[ \frac{x_E}{2(x_E - x_M)} x^2 - \frac{x^3}{3(x_E - x_M)} \right]_{x_M}^{x_E} \right]$$

[0063]  $E_T = \sin^2 \theta_T 1.47 \text{ (平方米)}$

[0064] 这里,  $\theta_T$ 是具有与光源相同的集光率的窄角准直光束的半角, 因此:

[0065]  $\sin^2 \theta_T \sim 1E-5 \quad \theta_T = \pm 0.18^\circ$

[0066] 在透镜的中心处,  $\theta_T$ 降低了 $3/4$ , 至 $\pm 0.13^\circ$ 。这可与单个光源的角度弦值进行对比, 从上面直接看出, 在货架上如图3中距离 $z_T$ 处:

[0067]  $\tan^2 \theta_S = n^2 A_C / 4z_T^2 \quad \theta_S = \pm 0.61^\circ$

[0068] 因此, 透镜的中心缩小率需为 $1:4.5$ , 这表明透镜的中心部分是凹形的, 以利用负焦距用作扩束器 (expander)。这可以通过具有高度弯曲的内表面的平顶式外表面或者具有高度弯曲的外表面的平顶式内表面界定的连续的凹度来获得。图5中的透镜位于这些极值之间。

[0069] 如图3中所示, 高度倾斜的角度 $\gamma$ 意味着为了实现均匀照明, 通过透镜形成的光源图像由于因子 $1/\cos \gamma$ 而一定相应地大于通过正入射形成的光源图像。光源自己按照 $\cos \gamma$ 的倾斜因子缩小, 并且从远处观察, 由于另一因子 $\cos^2 \gamma$ 而看起来越来越小。因此, 所需的透镜放大率是:

[0070] 
$$M(\gamma) = \frac{1}{4.5 \cos^4 \gamma}$$

[0071] 注意: 放大率在由下式给出的离轴角度处从轴上的 $1/4$ 上升到1。

[0072] 
$$\gamma(M) = \cos^{-1} \sqrt[4]{\frac{1}{4.5M}} \quad \gamma(1) = 47^\circ$$

[0073] 这些角度通过余弦的立方因子来削弱照度, 因此, 光需要被投射得越远, 透镜输出将越剧烈。考虑到LED光源具有其自身的余弦衰减, 所需的总的源放大率是已知的 $\cos^{-4}$ 因子, 分别在 $75^\circ$ 达到223、在 $80^\circ$ 达到1100。由于这些劣化因子相应地降低, 这里存在图2中的照明图案中的衰减的优点。

[0074] 图4示出了具有从0至 $80^\circ$ 的离轴角度 $\gamma$ 的横坐标41和表示均匀照明所需的源放大率 $M(\gamma)$ 的纵坐标42的曲线图40。等大放大率 (unit magnification) 被定义为光源以与不存在透镜时相同的尺寸成像。所述等大放大率的意思是从货架看去, 本发明的照明透镜一

定会产生辉光光源的图像,所述图像就比无需任何透镜的朗伯LED光源大很多。为了均匀地照明4”货架距离,曲线43示出了在77.5°处所需的放大率峰值,而下面的曲线44是针对6”货架距离的更容易的情况,在71°处达到峰值。所需的图像尺寸分布(image-size distribution)就是本发明的构造的基本原理。

[0075] 图5示出了包含照明透镜51的照明器50的截面图,照明透镜51由包括具有作为其轮廓的弧52的中央球窝和具有作为其轮廓的椭圆弧53的环绕的环面(toroid)的上表面界定,并且还由包括具有钟形轮廓54的中央腔的下表面来界定,并且结合到上表面的不旋光的圆锥体环绕中央腔,并具有直线轮廓55和进入到电路板57中的销56。照明器50还包括LED封装件58,LED封装件58具有嵌入到透明半圆球形穹顶58D中的发射芯片58C。术语“环面”区别于常规术语“圆环面”(“圆环面”仅仅包括零倾斜角度的情况)。冷柜货架前面高度倾斜的照明设置可完全被理解地包括使圆环面倾斜,从而减小了朝向货架中心的椭圆弧点的透镜化影响。

[0076] 图5中的弧52延伸至倾斜角度 $\tau$ (在这种情况下, $\tau$ 是17°),重要的是 $\tau$ 是椭圆弧52的长轴52A的倾斜角。椭圆弧52的短轴52B与弧51的边缘处的半径齐平,确保与相同表面相切的轮廓对齐。针对不同的货架距离,存在限定具体的照明透镜51的外表面的三个自由参数。第一个参数是弧52的半径,用于通过照明透镜51的中央部分控制缩小率的量。第二个参数是倾斜角度 $\tau$ ,倾斜角度 $\tau$ 限定椭圆弧53的方向(即,朝向图1中的货架中心)。上表面的第三个自由参数是长轴53A与短轴53B的比率(在这种情况下,所述比为1.3:1),所述比率用于限定上面讨论的光源放大率。光线扇59包括离轴角度间隔2°处的中心光线(即,源自于芯片58C的中心的光线)。由虚弧59C指示的中央十条光线示出了透镜51的中央的发散特性,提供了用于均匀照明所需的中央缩小率。其余的光线全部以距离水平线的陡倾角发出,提供图4中的横向光源放大率。

[0077] 环绕LED 58的中央腔具有钟形轮廓54,钟形轮廓54通过使用顶点位于 $z_v$ 处、顶点曲率半径为 $r_c$ 、4阶系数为d和6阶系数为e的针对抛物线的标准非球面公式(即,圆锥常数为-1)来定义:

$$z(x) = z_v + x/r_c + dx^4 + ex^6$$

[0079] 为了使轮廓54向下形成弧而不是向上形成弧,曲率半径 $r_c$ 为负值。非球面系数提供在钟的底部向上弯曲,以帮助切断照明图案。图5中的具有设置为6.45mm的空腔入口直径的特定的优选实施例被限定如下:

$$z_v = 6\text{mm} \quad r_c = -1.69\text{mm} \quad d = -0.05215 \quad e = 0.003034$$

[0081] 只需对这一轮廓进行微小的修改,便可适用于照明其它货架距离的优选实施例。

[0082] 图6A至图6F示出了照明透镜60和LED芯片61。在图6A中,光线62来自货架上位于横向距离透镜0、2”和4”所指示的x坐标处的点。每个光束足够宽,从而光束的光线在光照射芯片61的边缘处(光源图像的边界)终止。根据先前讨论的缩小率,每个光束比单独从芯片61产生的光束窄。如前所述,光线62穿过的照明透镜60的中央部分可被视为凹形的发散透镜。

[0083] 图6B示出了从距离 $x_m$ 行进到图2中的照明图案中的最大值的光束63。光束63的宽度是图6A中的光束62的宽度的两倍。

[0084] 图6C示出了从距离 $x_m$ 行进到货架的中间(如图2所示)的光束64。

[0085] 图6D示出了在18”处从货架中间行进的光束65。

[0086] 图6E示出了在20”处从货架中间行进的光束66,光束66几乎填满透镜。这是这一尺寸的透镜可以处理的最大光源放大率。

[0087] 图6F示出了从照明图案的边缘(在 $x_E=22”$ 处)行进的光束67。注意:这些光线会错过芯片61,这指示着没有光落到芯片61上,这是图案切断所需的。

[0088] 图6A至图6F的进程是透镜的上表面轮廓和下表面轮廓的数值生成的基础,如下所述,在中心处开始并向外进行。这一方法的结果有时可以通过图5中的几何结构来近似。

[0089] 图5中的照明透镜具有本领域的任何技术人员可准确地复制的形状的椭圆形和非球面抛物线形表面。在图2中的照明图案中,凭经验地发现中心衰减至最大值的3/4,以使得图1中的每侧具有六个透镜的透镜阵列起作用。这种透镜是仅能使用六个LED(而不是现有技术中的十二个或者更多)的最初商业上可用的设计。然而,最近,每个门只需要两个更高功率的LED变得可用,如图7中所示。

[0090] 图7示出了表示典型的宽为30”、高为60”的矩形门(在任何一侧具有其它门(未示出))的矩形轮廓70。虚线的矩形71表示竖框,货架照明装置安装在竖框后面(具体地,距被照明的货架的前方的距离为3-6”)。这比距离货架中心(由虚线72表示)的距离近得多。存在由小圆73表示的四个照明器(每侧两个)。每个照明器产生被照明的圆,所述被照明的圆的峰值位于由实线圆74表示的环上,其边缘位于虚线圆75上。这里,圆74的半径大约为货架宽度的五分之一,或者为到中心线72的距离的三分之一。圆75(在圆75处照度降低至零)的大小几乎一直穿过货架。如图1中所示,每个图案在中心线72处具有1/2的值,所以两个透镜叠加至1。另外,在货架中心点76处,四个图案叠加,在该距离处,每个图案必须具有1/4的值,从而叠加至1。相同的构造适用于包含方形阵列LED的LCD背光源,仅仅是以更小的尺寸。精密构造的照明透镜的这一布置能够产生满足LCD背光源的均匀性。

[0091] 在图7中的布置中使用的LED必须具有在图1中使用的LED的三倍的功率。这一更大的通量具有三重增强的散射光的多余的后果,与足以满足图1的小透镜相比,用于图7的更大尺寸的透镜进行更多的增强。图2的照明图案具有中央凹点,以补偿透镜之间的稠密间距。然而,当散射严重时,散射光可足够强以能向透镜附近提供全部照明。结果是图2中所示的照明图案将在轴上具有接近零的强度。所得的透镜具有前面未见的特征:两个表面或者任意表面具有中央尖端,不将直射光留在轴上(导致图案的黑暗中心),以补偿被散射的光。

[0092] 图8示出了包括圆形对称照明透镜81的照明器80的截面图,照明透镜81由作为其轮廓的包括通过环绕的环面与裁剪的弧83而形成的中央尖端82的上表面来界定。照明透镜81还由包括具有裁剪的轮廓84(优选地在其尖端处具有顶点)的中央腔的下表面来界定,并且结合到上表面的不旋光的圆锥体环绕在中央腔附近,并具有直线轮廓85和进入到电路板87中的销86。照明器80还包括位于中央的LED封装件88,LED封装件88具有嵌入到透明半圆球形穹顶88D中的发射芯片88C。

[0093] 图8中的旋光轮廓83和84被称为是裁剪的,这是因为从照明图案产生旋光轮廓83和84的具体的数值方法与图2中的方法相似,只是几乎没有或者没有轴上输出。这一问题的原因是,如前面所提及的,为了补偿来自透镜的真实世界的散射。轮廓83和84仅控制直接从芯片83C穿过穹顶83D传播、然后在那里被折射至确保获得所需的照明图案的最终方向的光。所述直射图案可以加到非直射光的散射图案上,因此首先需要确定所述直射图案。

[0094] 图9示出了和图8中的透镜81相同的照明透镜91,为了清晰忽略了其它项。从LED芯

片98C发出光束92，光束92包括分别从LED芯片98C的左边缘、中心、右边缘发出的左光束(点实线)、中心光束(实线)和右光束(虚线)。在透镜91的任何位置处，这些光线限定了芯片98C的表现尺寸以及有多少光穿过特定的点。从这样的点散射的光可以是传播的光中固定的一小部分。距离LED越近，则在任一点处出现更多的光，散射的量就越多。这一散射使得当直视时透镜给出它自己的辉光，所述辉光与LED自己的亮度分离。

[0095] 严格地说，散射不会发生在某一点而是发生在小的测试体积(如图9中为了清晰而被放大的无穷小的立方体93所示)中。立方体93沿着光束92的传播方向定位。立方体93的横截面93A具有面积dA和传播长度d $\ell$ ，因此，其体积简单地为dV = d $\ell$  dA。现在切换侧面，在立方体93中可以看见光束92的左光线、中心光线和右光线。左光线和右光线限定了立体角 $\Omega$ ，立体角 $\Omega$ 指示从透镜91内的立方体93观看的LED芯片98C的表现角大小。这一立体角越大，穿过立方体93的光越多。LED芯片98C具有照度L(具体为坎德拉每平方米(candela per square meter))。由于菲涅尔反射(Fresnel reflection)导致的小于1的透射比 $\tau$ ，所以当光束92进入透镜91时这一现象将会降低。进入立方体93的光束92具有由I =  $\tau$ L dA简单地给出的强度I。由F = I  $\Omega$ 简单地给出的穿过立方体93的总通量F。

[0096] 体散射在每单位传播长度内消除所述强度I的固定的一小部分(类似于吸收)。所述消除和吸收均通过比尔定律(Beer's law)来描述：

$$[0097] I(\ell) = I(0)e^{-\kappa \ell}$$

[0098] 这里，I(0)是原始强度，I( $\ell$ )是传播了距离 $\ell$ 后剩余的强度，而散射系数 $\kappa$ 具有逆长度尺寸(dimension of inverse length)。可通过测量沿着图9中的路径 $\ell$ 穿过透镜观看的芯片照度的损耗而容易地确定I( $\ell$ )。

[0099] 返回图9中的立方体93，进入的强度I降低了小的量dI = e $^{-\kappa d\ell}$ 。这就导致了从F中减去的通量减量dF = dI  $\Omega$ 。那么，每单位体积发射量是dF/dV。对dF/dV在透镜91的整个旋光体积中进行积分，得到总的散射光。图9还示出了沿着视线95凝视的探测器94，直射光97沿着视线95产生散射点96，总计为作为围绕LED的辅助光源的透镜辉光。

[0100] 这些散射现象通常被认为是不利的寄生特性，只用于降低光学性能。然而，存在这些这一看法的新方面，特定的体散射将会是有益的。这一现象出现在当前的高亮度的LED的微妙的失败(即，高亮度的LED不能在所有方向产生相同颜色)中。更具体地说，许多商用LED具有好几百的流明输出，当从横向观察比从正面观察时看起来黄得多。这是因为经过磷光体比来自蓝光芯片的光需要更长的路径。

[0101] 虽然厚的磷光体在所有方向具有均匀的白度(或色温)，但是由于白光从比蓝光芯片的区域更大的区域发出，所以它们会降低照度。然而，保形涂料精确的薄，以避免使发射器变大，但是它们将因此散射比厚的磷光体更少的光并因此进行更少的色彩混合。结果，横向光比所有方向的平均值更黄(2000度色温)，正向光比所有方向的平均值更蓝(7000度)。作为高流明输出的这一期望的侧向效应的结果，在此公开的透镜将展示出明显黄的横向照明以及明显蓝的纵向照明。

[0102] 这一固有的颜色缺陷的补救措施是在透镜材料中使用少量的蓝色染料。由于黄光穿过透镜的最厚的部分，所以染料将自动具有精确地针对LED光线中最黄的光线(具有较大

的倾斜角度)的最强作用。嵌入注射成型材料中的染料应该具有仅仅吸收大于约500nm的波长的吸收光谱(典型的跨跃蓝光LED和黄色磷光体之间的光谱)。准确的浓度将与透镜尺寸以及所使用的具体的染料的吸收强度成反比。

[0103] 散射出现的另一形式是来自菲涅尔反射,前面提及当光线被折射时降低光线的照度。图9中还示出了离开透镜91的内表面的第一菲涅尔反射光线92F1,接着,92F1行进到透镜中,经过两次反射,从透镜中出射至印刷电路板99上。这一光线具有关于原始光束92的 $(1-\tau)$ 倍的强度。另一类似强度的菲涅尔反射光线是92F2,92F2从透镜的外表面行进到透镜的底表面。这两个光线示出了行进到不被期望处的杂散光的常见问题。与在点96处的体散射不同,这些菲涅尔反射光线可以行进到远处,以产生令人不悦的伪影。过去几十年的光学工程中公知的是:处理这一现象的最早的方法是构建这些杂散光线的表面散射。由于透镜91的平坦的锥形底表面91C与这些杂散菲涅尔反射中的大多数光线相交,所以传统的试错方案只是简单地粗糙相应的模具表面,使得菲涅尔光被消散为上述体散射光的一部分。在光线的终点处92F2可以看成散射光线,光线92F2中的一些照射到板99的顶部,另一些可以被散射(诸如通过白漆)。

[0104] 图10示出了具有指示距图9中的透镜的中心的距离(以毫米为单位)的横坐标101和指示相比于图案最大值的照度(以产生任意照明水平)的纵坐标102的曲线100。虚曲线103是针对于图7中的构造在给定透镜之间间距为125mm、目标距离为23mm时所期望的理想照明图案。这些尺寸表示了背光应用,其中,LED被排列在涂成白色的盒子内,目标是在其正上方具有液晶显示器(LCD)的扩散屏。增大的LED亮度允许较少的LED,以节约成本,同时,为更薄的背光源推进美学。这两个因素包含面向超短投照明的设计压力。

[0105] 曲线103的“圆锥形图案”以及来自125mm处的照明器的曲线103的逆曲线(未示出)将叠加为1,这就保证了均匀照明。点实曲线104描绘了由在目标平面上由上面讨论的在x=0处来自透镜的体散射和表面散射引起的组合寄生照度。该曲线基本上是相对于目标上的一点的离轴角度的余弦<sup>4</sup>。实曲线105是其它两条曲线的归一化差值,实曲线105表示了何时将比例添加到曲线104上以获得跟随曲线103总照度的图案。在这种情况下,曲线104的散射光足够强以超出透镜传递所需照度的100%。在这一情况下,当仅对通过透镜传递的直射光进行计数时,图8中的中央尖端82将保证中央照度为零。

[0106] 利用来自光源左边缘和右边缘的光线,图10中的曲线105表示的照明图案可用于数值地产生图8中的透镜81的内部和外部轮廓。图10中的虚曲线106示出了曲线105的照明图案所需的光源图像高度(如图6A至6F所示)的相对尺寸。这一高度函数直接用于生成透镜轮廓。

[0107] 图11示出了LED 110和照明透镜111,照明透镜111的直径为20mm,照明透镜111将右光线112和左光线113传递到点114,点114在平面目标115上具有坐标x且位于LED 110上方23mm处。右光线112以倾斜角 $\gamma$ 命中点114,左光线113以倾斜角 $\gamma + \Delta \gamma$ 命中点114。在图11中的二维分析中,在点x处的照度 $I(x)$ 与左光线的倾斜角的正弦和右光线的倾斜角的正弦之间的差成比例:

$$[0108] I(x) \alpha \sin(\gamma + \Delta \gamma) - \sin(\gamma)$$

[0109] 可通过光源图像的合适的高度H(即,在光线112的透镜出口处,右光线112与左光线113之间的垂直间隔)来满足这一角度需求。图10中的曲线106是这一高度H与其最大值相

比的图形。由于这一几何需求,可通过将新的表面叠加到先前产生的表面的迭代过程直接生成透镜轮廓。

[0110] 图12示出了位于LED 120上方的不完整的照明透镜121。照明透镜121不完整在于:它表现了生成图11中的整个透镜的典型的迭代阶段。图11中的透镜111的被示出为稍微加厚的一部分在与右光线122的交叉处(如点124所示)终止。在图12中,出现了新的左光线123,左光线123仅仅稍位于图11中的左光线113的右侧。左光线123在经过终点126之后,接着,穿过先前产生的上表面121,这将在新的点 $x+dx$ 处(恰好位于图10的点x的右侧)与目标(未示出)相交。这一点将具有已经计算的光源高度需求(诸如图19中的曲线105),这将通过从 $x+dx$ 处发出新的右光线122来实现。当已经从点124延伸出新表面时,光线122将在点125处与透镜表面相交。有必要的话,所述新表面具有朝向位于透镜121的内表面上的点127的偏转光线122而确定的斜率。通过来自LED芯片120C的右边缘的光线122-S来确定点127的位置。通过常规要求(右光线122-S的角度累加强度等于在点 $x+dx$ 处的空间累加照度,所述空间累加照度从期望的照明图案(诸如由图10中的曲线105所示)中得知),来确定光线122-S的离轴角度。通过折射光线122-S的需要来确定这一新的内表面从点126至新的点127的斜率,使得光线122-S与光线122接合,以产生用于照明点 $x+dx$ 处的目标的合适的光源图像高度。以这种方式,透镜121的生成将会继续,直到来自芯片120C的光线被传递到光线合适的目标坐标,并完成透镜121的完整形状。

[0111] 刚才所描述的所述轮廓生成方法是二维的,因此,没有考虑斜射光线(即,平面外的光线),所述斜射线在相对大的光源的情况下会由于光源图像的尺寸上的横向变化而在输出图案中产生显而易见的二次误差。这一影响使一种用于生成透镜形状的全面的三维光源图像分析方法(如图13中所示)成为必要。

[0112] 图12中的透镜生成方法跟踪穿过先前产生的内表面和外表面到达具有横向坐标为 $x+dx$ 的目标点的左光线123。相关的变量是光源图像的高度H。然而,在三维中,必须从LED的出射窗口的整个外围出射至目标点来跟踪光线,当从所述点通过透镜观察时,这些光线限制光源的图像。照明透镜用于从光源自身的尺寸来改变光源的表观尺寸。光源图像的尺寸确定了照明透镜在任意目标点出将会产生多大照度。

[0113] 图13A是利用实线示出的不完整的圆环形照明透镜130的从上方观察的示意图,其设计迭代只向边界131延伸。在透镜130的中央处示出圆形光源132,椭圆133表示投射到目标点 $x+dx$ (未示出)的光源图像。通过逆光线跟踪从目标点经过透镜返回至光源的边界而构建所述光源图像。所述光源图像在其上表面是椭圆形轮廓133,在所述上表面上这些光线与光源图像相交。因此,透镜的已经完成的部分将局部地照明目标点,并且新的小部分必定合成全部照明。

[0114] 图13B是示出光源椭圆133和边界131的特写视图,并且所述特写视图还示出了曲线134,曲线134代表将被添加以使光源图像133完整并在目标点 $x+dx$ 处实现期望的照度水平的新表面的一小部分。当然,在添加了新的上表面时,也将添加新的下表面的相应部分。当足够多时,必定有足够的新的上表面以完成光源图像,同样,也必定有足够的下表面来将光源图像提供至上表面。由于所述新的下表面的大小和斜率两者均必须被确定为自由变量,所以设计方法必须能够计算未知的两者,但是一般来说,上表面和下表面的新的部分的斜率将是所述表面的先前的曲率的平滑延续。

[0115] 传统地,非成像光学只处理来自光源的边缘的光线,但是在此公开的照明透镜在各个目标点处获得光源图像时绕过这一点。图13B的不完整的光源图像产生小于在感兴趣的、横向坐标为X的目标点处所需的照度。然而,为了计算这一照度,必须将光线逆向跟踪至整个光源,不仅仅是光源的边界。当光源具有照度和色度的变化时尤其如此。然后,分别计算来自图13B的每个小部分区域dA的通量,并在光源图像内对所述通量积分,将所述积分视为已经完成的表面。来自所需照度的亏损(deficit)将由图13B中的新表面134来补足。按比例产生新表面134,使得另外的光源图像区域将完成所述亏损。当照明图案仅随着刚才讨论的线性斜坡(ramp)逐渐改变时,亏损总是适度的,这是由于先前产生的表面已经完成接近所需照度的良好工作。所述新表面将无需因较小的亏损而弯曲新的光源图像,也无需因为大的亏损而将所述新的光源图像延展得更宽,这是因为目标图案被控制足以防止这些现象。

[0116] 这一设计方法可被称为“光度非成像光学(photometric non-imaging optics)”,因为所述方法结合使用光度通量(photometric flux)与逆向光线跟踪(reverse ray tracing),以扩展传统的非成像光学的边缘-光线定理。

[0117] 用于数值地计算特定的照明透镜的形状的迭代过程可以可选地在中心或者边界处开始。如果透镜直径被限制,则初始条件可以是上表面和下表面的外边缘的位置,接着,完全地确定透镜的形状(尤其是其中心厚度)。如果所述厚度降到低于最小值,则必须改变原始的起始点。当这一原理在概念上可行时,在实施中,它将留下待定的问题,然而,图13A中的逆向光线跟踪使用先前通过逆向光线跟踪而产生的表面。因此,使用特定的最小厚度标准(例如,0.75mm)在透镜的中心处开始设计迭代。在光源上方的透镜中心的高度将是确定透镜的整体尺寸的主要参数。其它的素因数是透镜的中心部分如何被构造为负透镜(即,是凹平透镜,是凹凹透镜,还是平凹透镜)。此外,在强的寄生损耗的情况下,凹表面可以是平滑的或者具有尖端型中心(如图8中所示)。

[0118] 图14示出了被用作产生整个照明透镜的种子-核心(seed-nucleus)的凹平透镜中心140。通过光线扇141的宽度确定透镜的直径,光线扇141从距离LED芯片142的上方(向LED的右方)23mm、 $x=0$ 处的目标中心(未示出)向左传播,为了清晰已经夸大了光线扇141的尺寸。光线扇141具有需要在目标的中心处达到期望的照度水平的宽度,在短投照明中,这将小于LED自身产生的照度。这就意味着照明透镜的中心部分必定缩小光源,这就是透镜中心是发散的、具有负焦距的原因。事实上,透镜中心140的特有功能是提供在 $x=0$ 处的目标中心的适合尺寸的光源图像(其中,光线扇141是截面图)。

[0119] 图14还示出了源自芯片142的左边缘的扩散的光线扇143。当从这些光线与目标平面(未示出,但向右)相交的x位置观察时,这标记着光源图像的上边缘。这些光线例示了边缘光线如何通过先前构建的表面被传递。

[0120] 图15示出了凹凹透镜中心150、中心光线扇151、芯片152和左光线扇153。所述透镜表面具有图14中的凹形表面的曲率的一半。

[0121] 图16示出了平凹透镜中心160、中心光线扇161、芯片162和左光线扇163。

[0122] 在图14至图16的进程中,最下面的左侧光线(具有箭头的一个光线)位于收缩的倾斜角 $\psi$ 处,倾斜角 $\psi$ 指示不同的照明行为并面向最终的设计设置不同的进程。所有的这三个构造在目标 $x=0$ 处产生相同的照度(也就是说,相同尺寸的光源图像),如当其到达各个透

镜时具有相同尺寸的光线扇141、151和161所示,也就等同于说,它们在中心 $x=0$ 处产生了相同的目标照度。

[0123] 在图16中,平凹透镜中心160由从短投目标(未示出)的中心行进的光线扇161限定。通过照度标准(prescription)来确定光线扇161在其进入透镜中心160时的宽度,所述照度标准可小于LED芯片162通过其自己照明的照度。因此,光线扇161被视为通过透镜中心160扩散,因此光线扇161发散以覆盖LED芯片162。

[0124] 发散的光线扇163从LED芯片162的左边缘行进,并穿过透镜中心160,然后输出至短投目标。来自光线扇163的这些光线帮助引导其余照明透镜的合成(如下面的图19和图20所示)。

[0125] 在图16中,对于这一类型的透镜中心,光线扇163比图14和图15中的光线扇发散更多(如更小的倾斜角 $\phi$ 所示)。因此,在图19和图20中示出的平凹型照明透镜可更加适用于例如包括透镜的阵列(而不是仅用单个透镜)的照度标准。

[0126] 图17示出了从如图14中所示的凹平中心-透镜数值地产生的照明透镜170。平面光源171是从透镜170设计的光源。

[0127] 图18示出了从如图15中所示的凹凹中心-透镜数值地产生的照明透镜180。平面光源181是从透镜180设计的光源。

[0128] 图19示出了从如图16中所示的平凹中心-透镜数值地产生的照明透镜190。平面光源191是从透镜190设计的光源。

[0129] 图20示出了短投(即,照明)透镜200及其有关几何结构。图20类似于图19中的照明透镜,但是显示地更加详细。可以对如上面参照图3至图5描述的短投透镜200及其几何结构进行进一步地解释。短投透镜200可以用作LCD显示器的BLU透镜。

[0130] 平面光源201(可以是发光二极管)设置在短投透镜200下方。短投透镜200分别具有内表面204和外表面对206,而208是短投透镜200的连接内表面204和外表面对206的底表面。短投透镜200的中央腔202包括平坦顶部203和侧缘(lateral flank)204。平坦顶部203基本平行于光源201的延伸方向。短投透镜200的外表面对包括中央凹陷205和环绕的环面206。中央凹陷205用作发散透镜(如上面关于图6所描述的)。

[0131] 倾斜的轴207指向最大光源图像尺寸的方向,朝向短投目标(例如,要被照明的外表面对,未示出)的位置,短投透镜200在所述位置处具有最大放大率。这一位置的准确定位取决于具体的照明标准,但这一位置通常在距目标边缘的一半距离左右。因此,倾斜的轴207是从光源201的中心点0处引出经过第二表面206上最大放大率的点的线,所述线指向短投目标的中点。

[0132] 短投透镜200的底表面208倾斜角度 $\tau_1$ ,角度 $\tau_1$ 表示底表面208相对于水平的光轴X的角度。角度 $\tau_1$ 产生了轴207。短投透镜200可以是椭圆体,底表面208可沿着椭圆体的长轴和短轴倾斜角度 $\tau_1$ 。

[0133]  $R_1$ 是表示离开光源201并入射在平坦顶部203上或者中央腔202的内表面204上的点P1的光线的半径矢量。角度 $\alpha_1$ 表示 $R_1$ 关于竖直光轴Z形成的角度。应该注意的是:中央腔202是关于光轴Z轴对称的。在 $0^\circ$ 至 $25^\circ$ 的范围内,随着 $\alpha_1$ 递增( $\Delta \alpha_1$ ),矢量 $R_1$ 具有单调增加值(由 $\Delta R_1$ 表示)。这是由于这样的事实: $0^\circ$ 至 $25^\circ$ 的角度范围内,中央腔202的平坦顶部203基本上是平的。图21示出了这些特征的详细视图。

[0134]  $R_2$ 是在点P2处从短投透镜200的外表面206出射的光线的半径矢量,而 $\alpha_2$ 表示所述光线关于竖直光轴Z形成的角度,  $\Delta R_2$ 是 $R_2$ 随着 $\alpha_2$ 递增( $\Delta \alpha_2$ )的递增量。 $R_2$ 随着 $\alpha_2$ 在0°至60°的范围内增加而单调增加。外表面206的圆面部分关于竖直光轴Z轴对称。为了避免从光源201进入到短投透镜200中的光的全内反射, $A_2 < 1/\sqrt{(n^2-1)}$ , 其中,n是形成照明透镜的材料的折射率,并且 $A_2 = \Delta R_2 / (R_2 \Delta \alpha_2)$ 。这里,短投透镜200由具有1.41至1.65之间的折射率的透明材料制成。

[0135] 短投透镜200的被涂漆的底表面208可被构造为吸收由光源201发出的光的内部(例如,菲涅尔)反射。可以对表面208涂漆,使得表面208的吸收率至少为80%,优选地为90%。可以使用黑漆喷涂短投透镜200的底表面208,以增加吸收率。可选地,安装有短投透镜200的印刷电路板的顶部(未示出)可被进行相似的涂漆以增加吸收率。

[0136] 这三种透镜利用来自光源的边界的光线被设计,在这种情形下被设计为圆形。透镜的尺寸是自由参数,而集光率因子指示对过小的透镜支付的价格。在准直器的情况下,如果透镜过小,则输出光束将不可避免地比目标更宽。在此公开的短投照明透镜的情况下,由于它需要曲线106的光源图像,结果将无法保持输出作为图10中的曲线103的理想线性斜坡的照明图案。如果透镜比所需的光源图像尺寸小,则所述透镜将无法提供所需的照明。因此,透镜尺寸将是通过线性斜坡的目标而定的参数。过小的透镜将具有通过全内反射(而不是行进到图案的边缘)捕获的某些光线。如果在设计过程中曾遇到了这种情况,则迭代将必须使用LED上方的透镜中心的更大的高度而重新开始。

[0137] LED照明透镜可需要可使用少量(诸如每个竖框五个或六个)并仍然获得均匀性的圆形对称照明透镜,这是因为各个图案使得少数几个图案可叠加至无焦散均匀性。因此,本发明的目的是提供具有圆形照明图案的透镜,多个图案将跨越矩形而叠加至均匀。本发明的另一目的是获得比上述的装置小的透镜尺寸,这将引起导致低制造成本的装置紧凑性。

[0138] 通过透镜的各个照明图案的特定裁剪可以实现更小的透镜尺寸。这一图案可以为具有特定的衰减的最佳的环形,所述衰减使得当每行安装有六个照明器时在两个照明竖框之间能够使十二个图案叠加至均匀。在最倾斜的方向上的衰减是重要的,这是因为它确定了整个透镜尺寸。可选的方法是:(1)每个竖框在货架中间照明为100%,超过货架中间为零,这将导致上述的焦散;(2)每个竖框在中间点贡献50%,超过中间点衰减。后者是本发明的方法。

[0139] 总之,在此公开的示例性实施例实现了最具有挑战性的照明任务,通过宽间距的透镜实现近平面目标的均匀照明。对于不定期检查不可见的所述透镜形状的偏差仍然足以在输出图案中产生减损的可视伪影。有经验的制模者(molder)知道:有时需要在接近显微镜可见的级别测量透镜的形状,以调节模具参数,直至实现合适的形状。

[0140] 有经验的制造商还知道,具有小的位置误差的容差的LED布置对于照明成功是关键的。因此,透镜形状的完整的说明有必要需要通过完全公开的算法数学地产生的点的高分辨率数值列表。定性的形状描述对于计算机加工注射模具没有任何意义,对于经过透镜的光也没有任何意义。与手动磨削透镜的年代不同,LED照明透镜的精度意味着没有产生那些透镜轮廓坐标的数值方法,就没有透镜。

[0141] 对于本领域普通技术人员明显的是,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以对本发明进行各种修改和变型。因此,意图是只要本发明的修改和变型在权利要求及其

等同物的范围内，本发明就覆盖所述修改和变型。

[0142] 相关申请的引用

[0143] 本申请要求于2012年3月5日提交的第61/606,710号美国临时专利申请的权益，出于所有目的，所述临时专利申请在此通过引用被全部包含于此，如同在此进行了全部阐述。

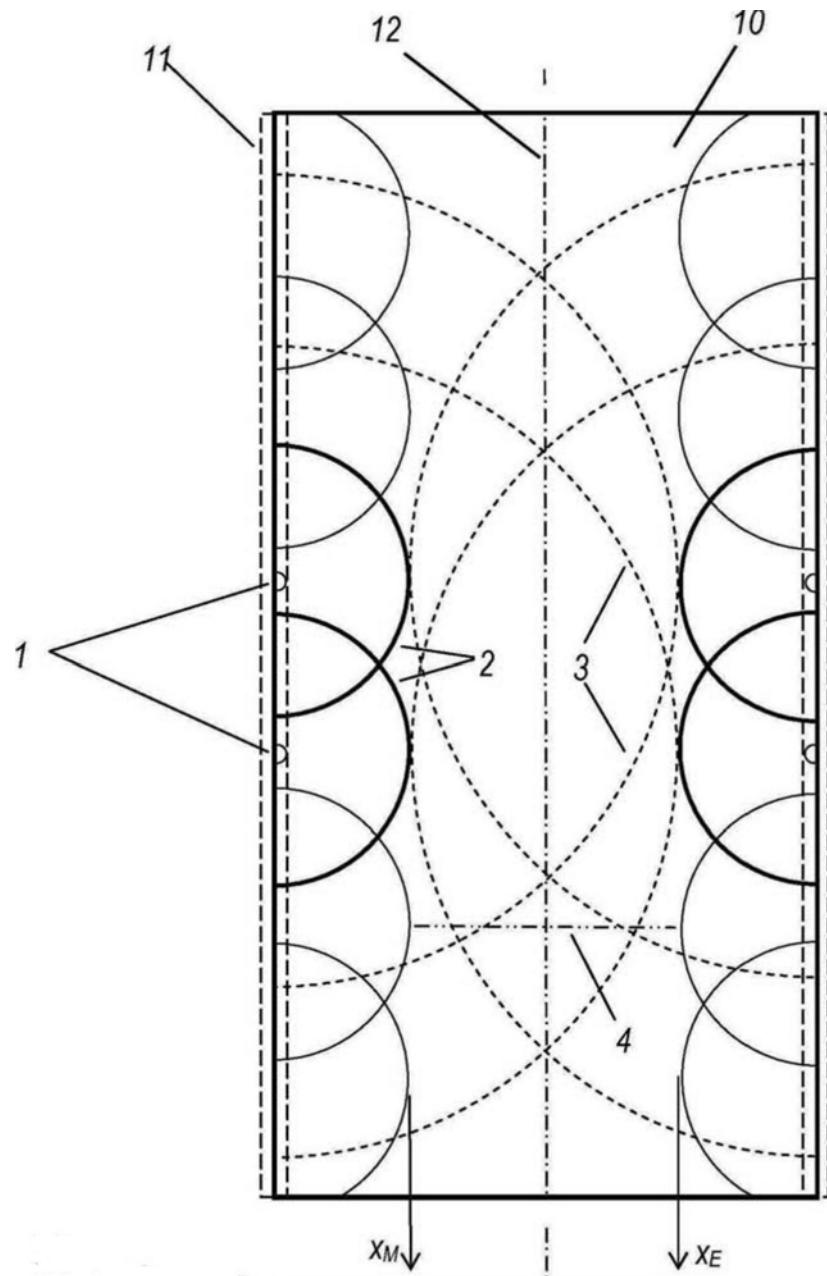


图1

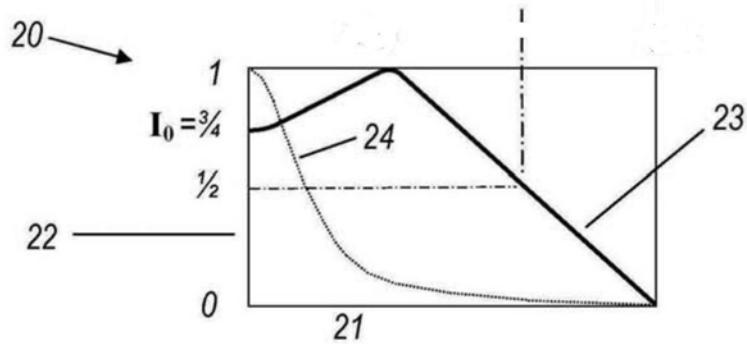


图2

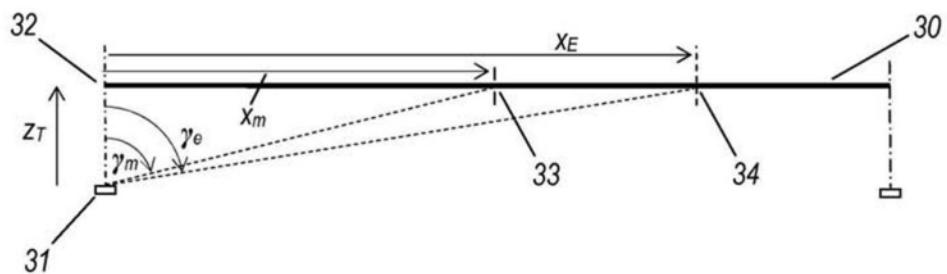


图3

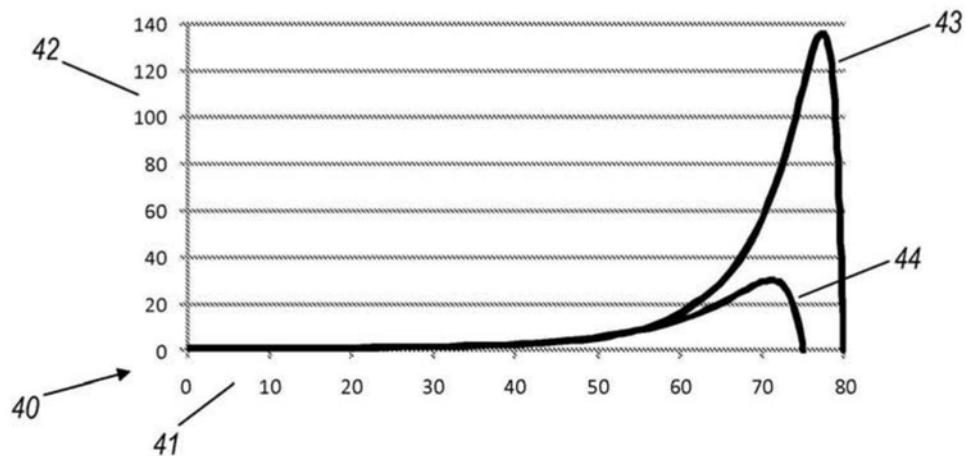


图4

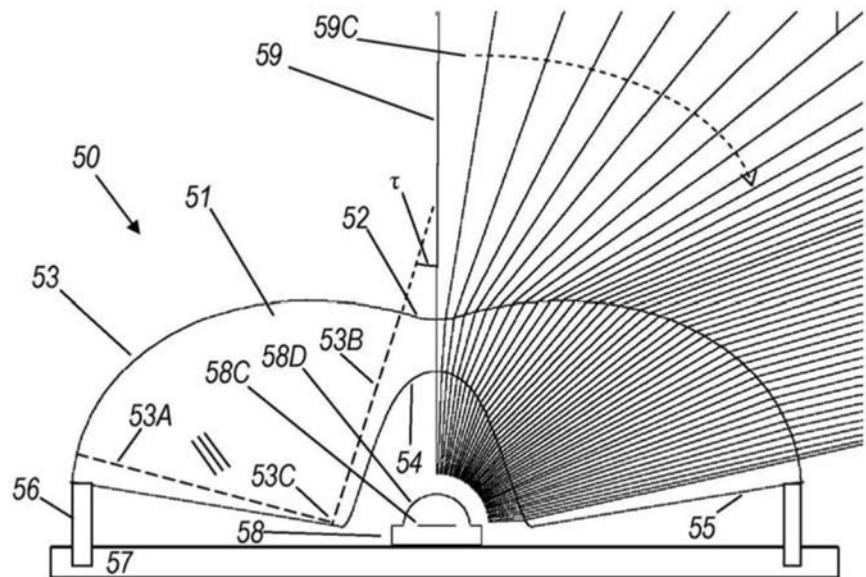


图5

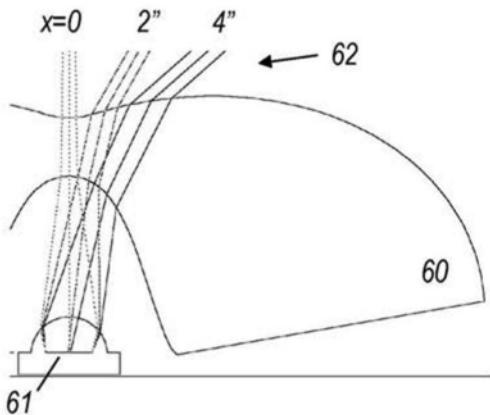


图6A

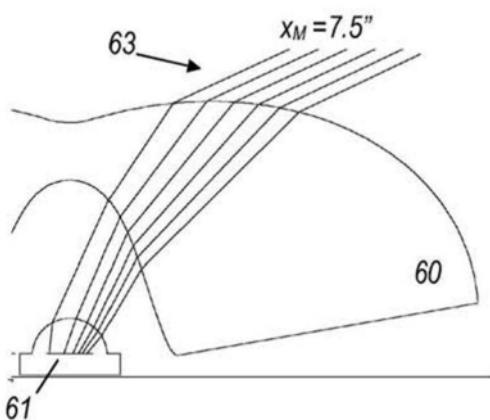


图6B

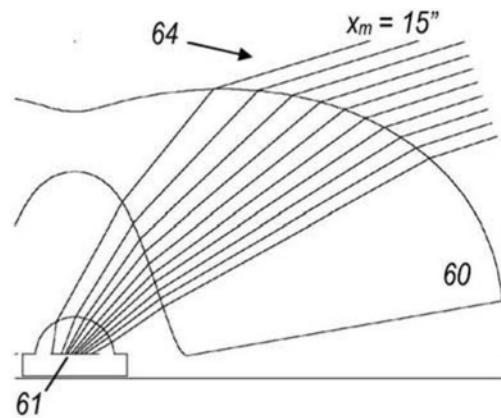


图6C

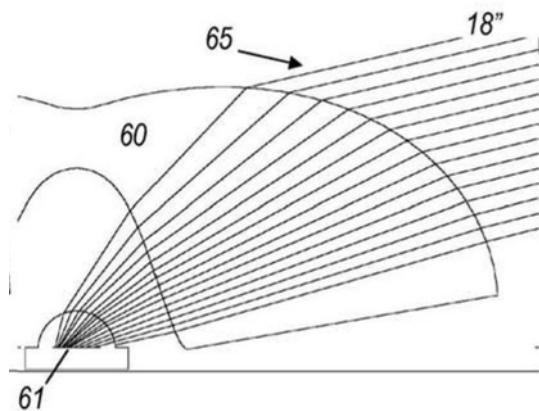


图6D

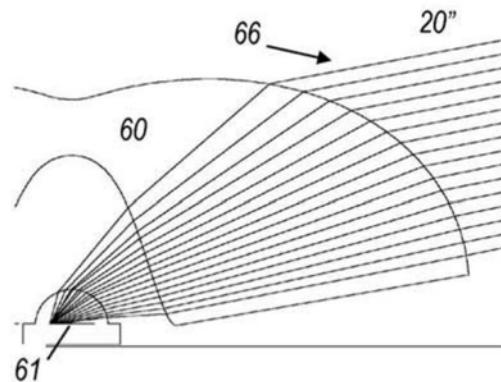


图6E

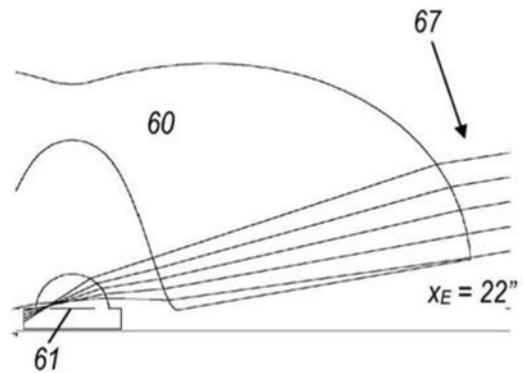


图6F

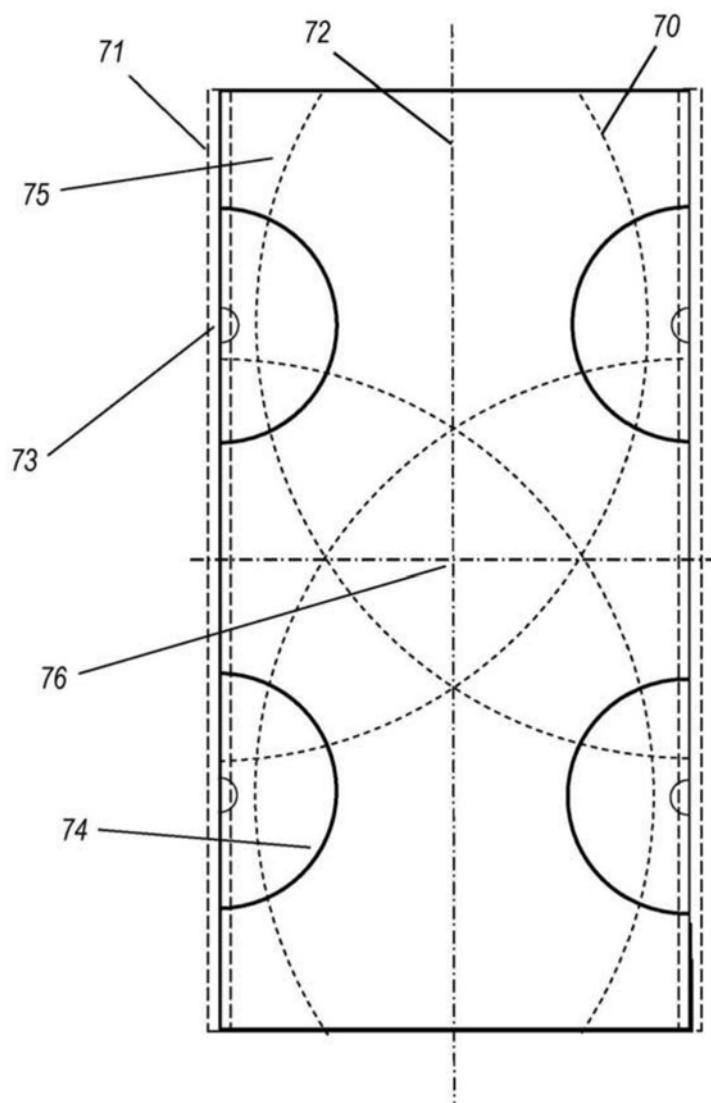


图7

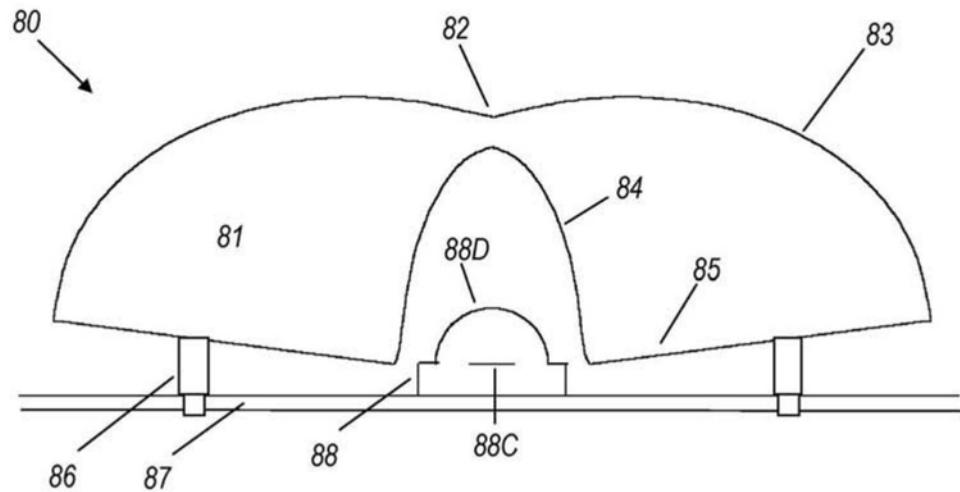


图8

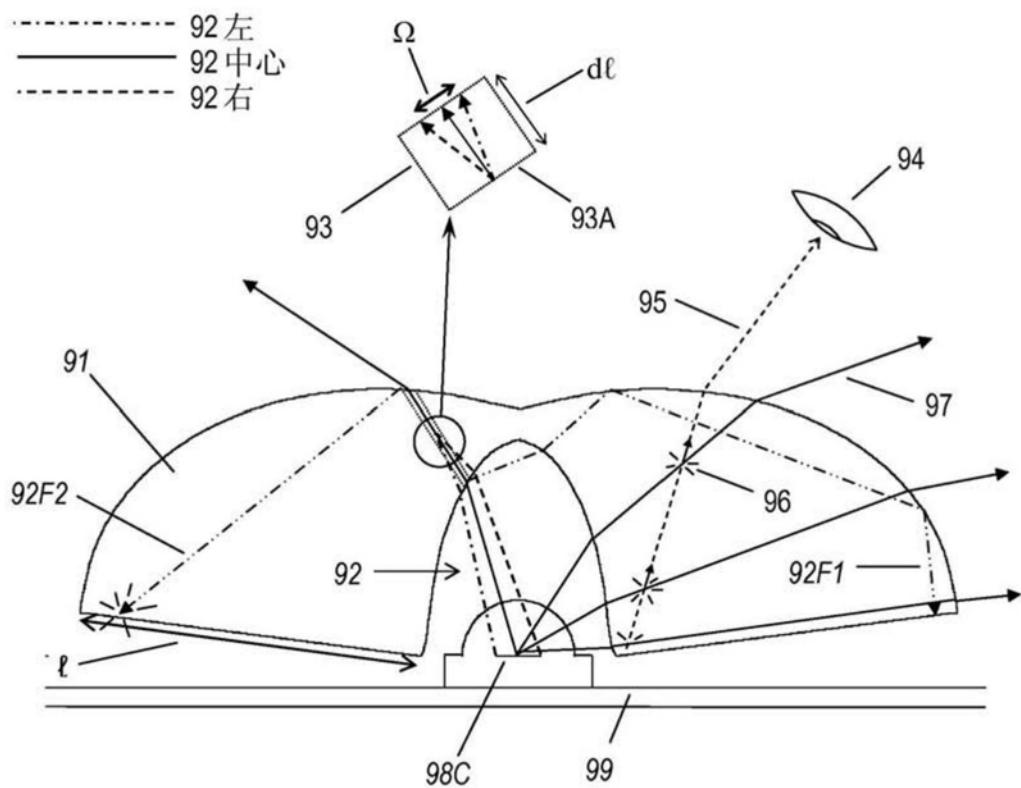


图9

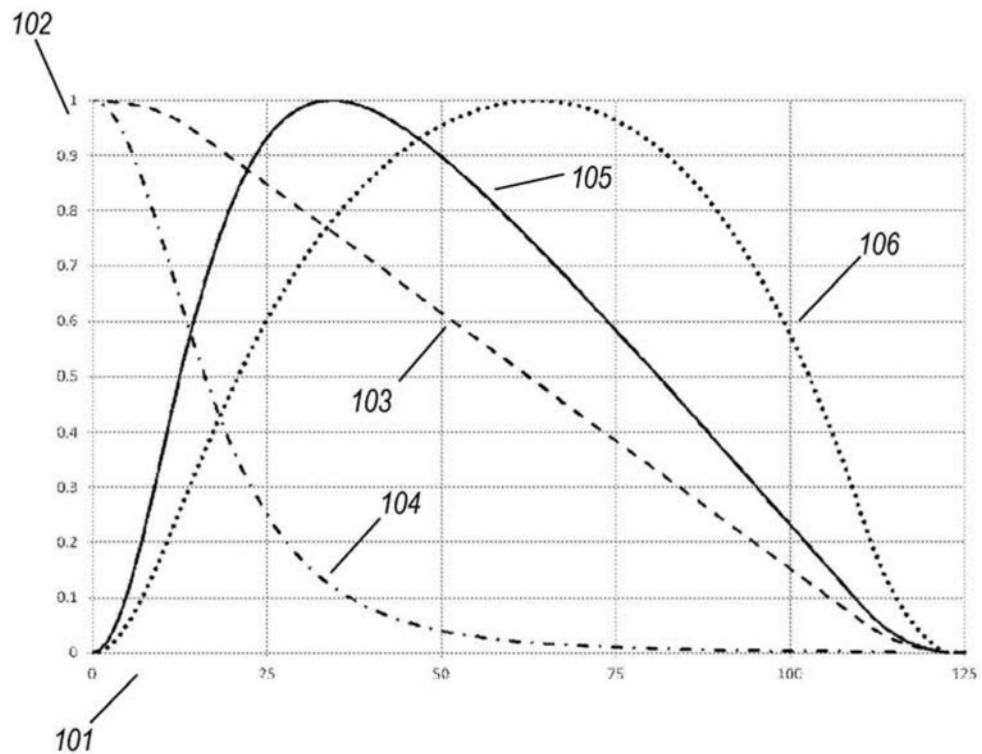


图10

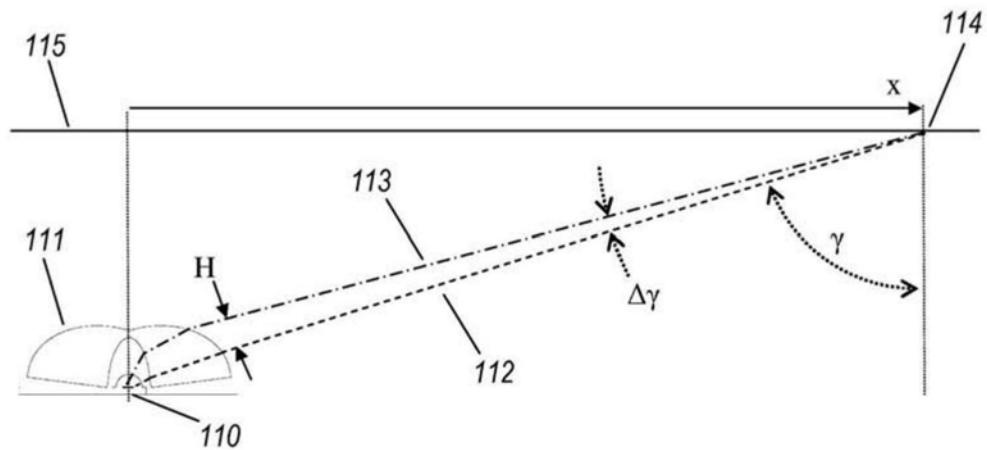


图11

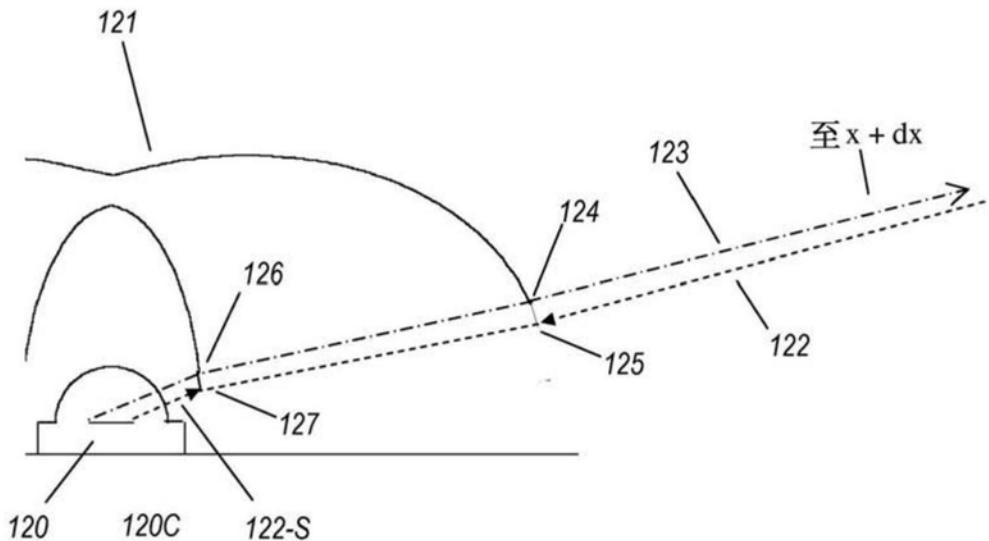


图12

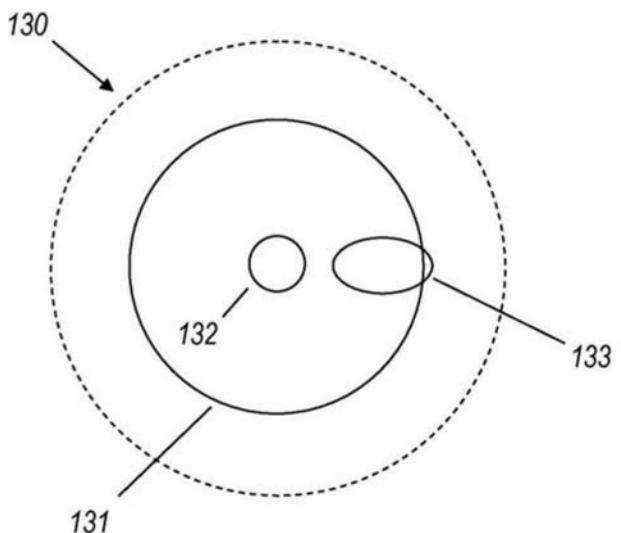


图13A

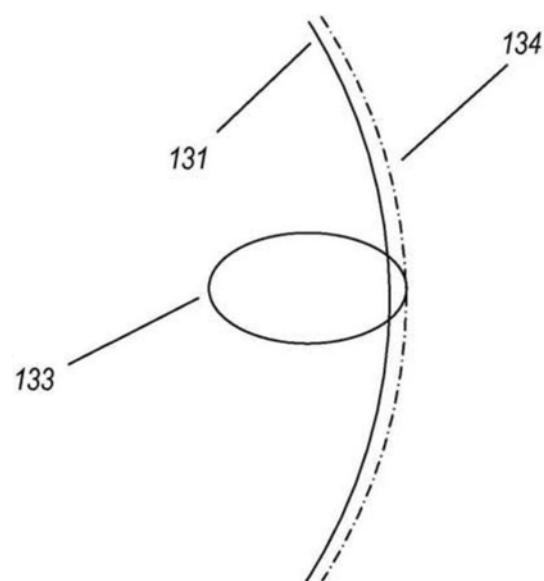


图13B

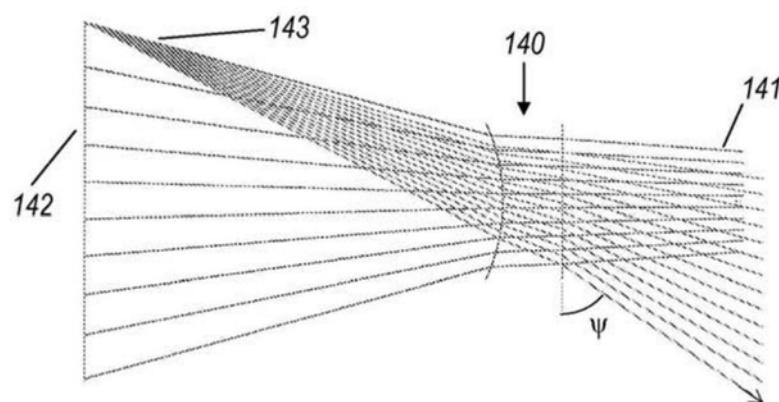


图14

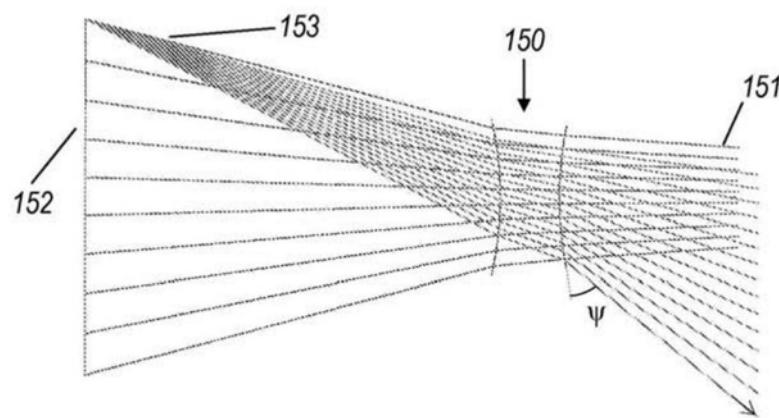


图15

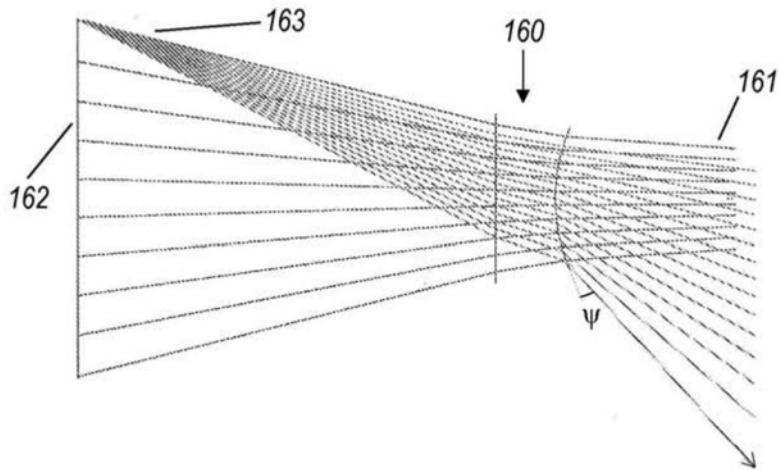


图16

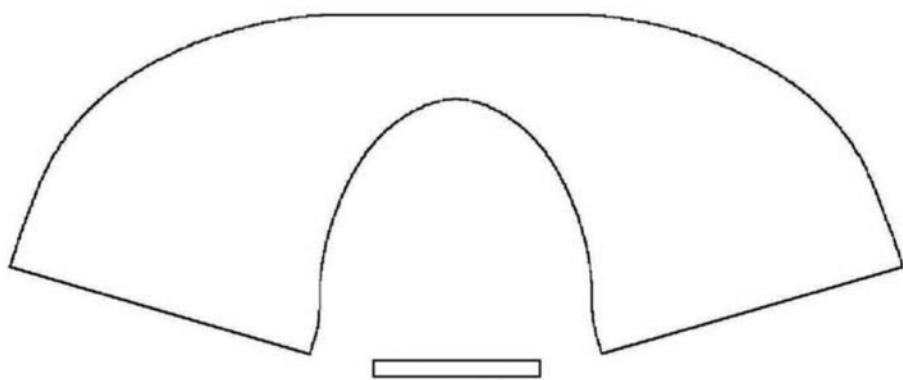


图17

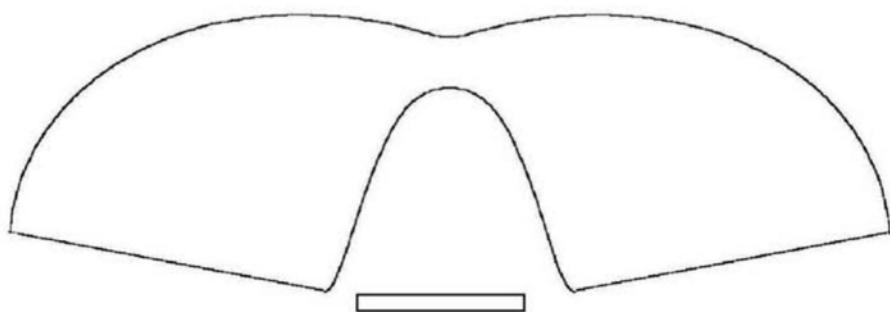


图18

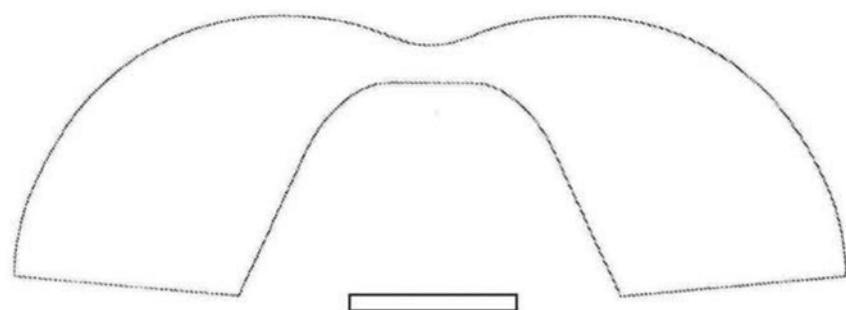


图19

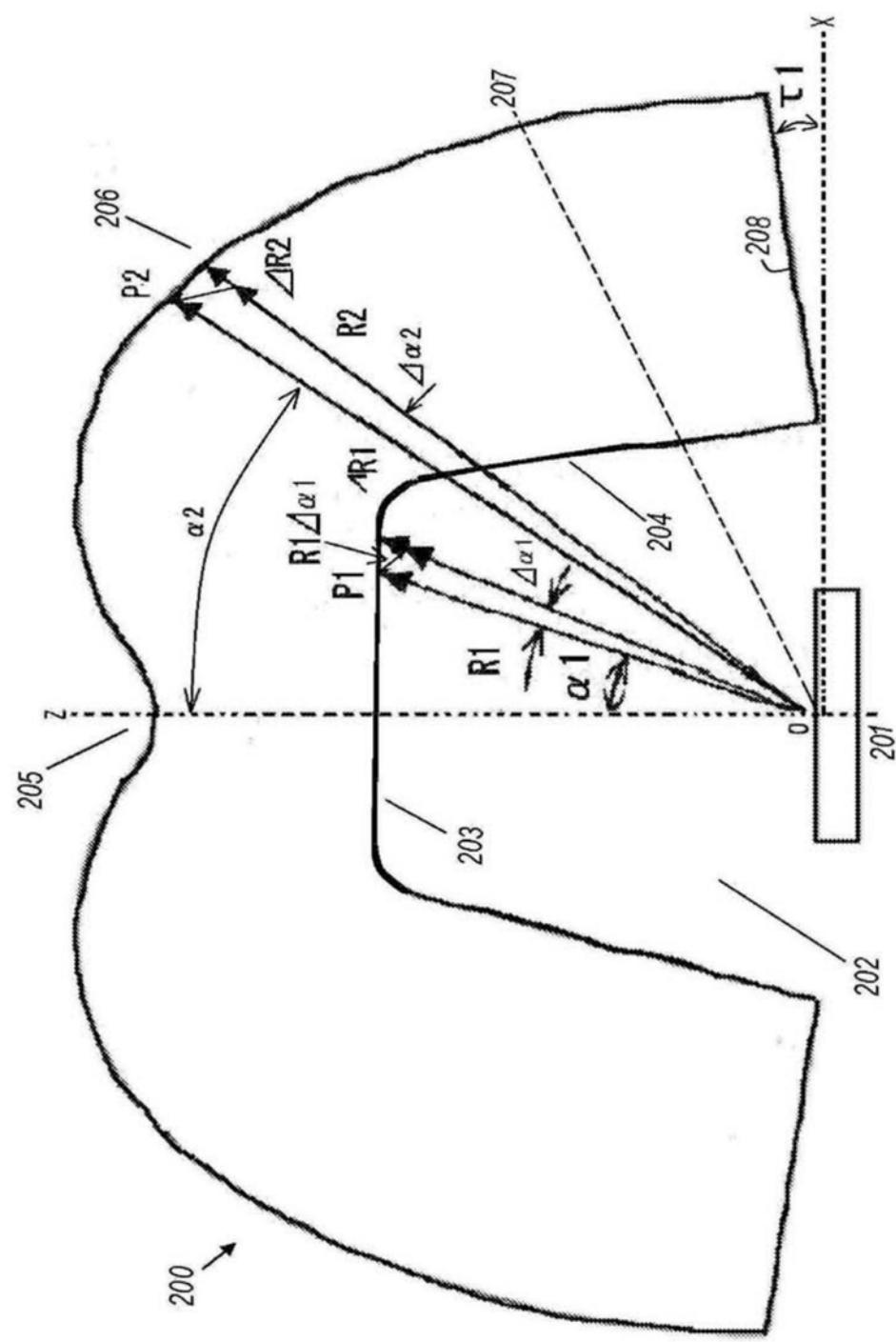


图20

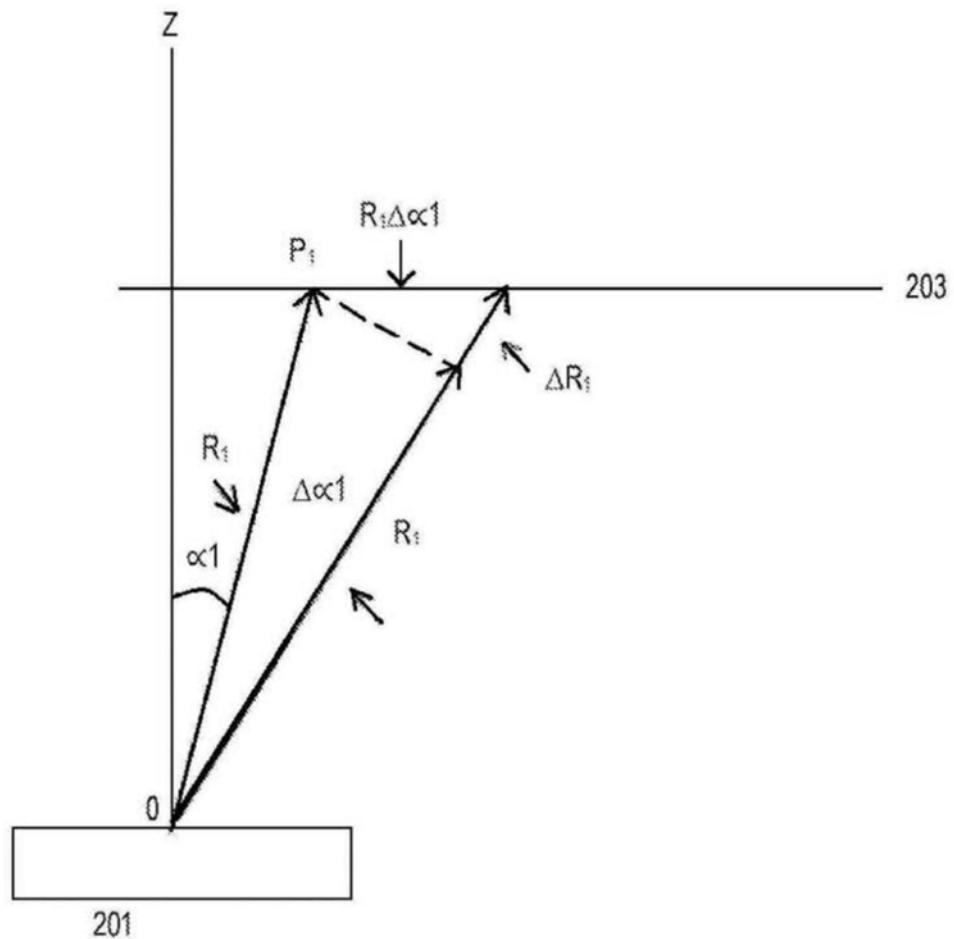


图21