



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101385145 B

(45) 授权公告日 2011.06.08

(21) 申请号 200780005975.1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2007.01.03

H01L 29/22 (2006.01)

(30) 优先权数据

60/756,845 2006.01.05 US

(56) 对比文件

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008.08.19

CN 1655052 A, 2005.08.17, 全文.  
US 2002/0030194 A1, 2002.03.14, 说明书第  
0031-0056 段、图 1.

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/000102 2007.01.03

审查员 刘国梁

(87) PCT申请的公布数据

W02007/081719 EN 2007.07.19

(73) 专利权人 伊鲁米特克斯公司

地址 美国得克萨斯

(72) 发明人 D·T·东 P·N·温伯格

M·R·托马斯

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专  
利商标事务所 11038

代理人 党建华

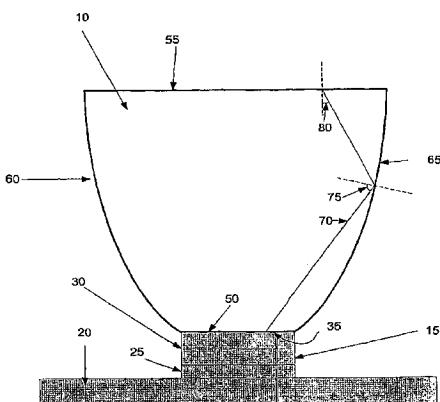
权利要求书 4 页 说明书 14 页 附图 14 页

(54) 发明名称

用于引导来自 LED 的光的分立光学装置

(57) 摘要

本发明的实施例提供用于耦接到分立 LED 的分立光学装置，该分立光学装置包括：入射面，用于当所述分立光学装置耦接到分立 LED 时，接收来自所述分立 LED 的光；与所述入射面相对并与所述入射面相距一距离的出射面以及一组侧壁。所述出射面至少具有针对从所述分立光学装置所投射的期望半角的光的维持亮度恒定所需的最小面积。另外，将每一侧壁布置和成形为使得从所述入射面到该侧壁具有直线传播路径的至少大部分光线以小于或等于所述出射面处的临界角的所述出射面处的入射角，被反射到所述出射面。



1. 一种分立光学装置,用于耦接到分立 LED,所述分立光学装置包括:

入射面,用于当所述分立光学装置耦接到分立 LED 时,接收来自所述分立 LED 的光,其中当所述分立光学装置耦接到所述 LED 时,所述分立光学装置被配置为所述入射面与所述 LED 接触;

与所述入射面相对并与所述入射面相距一距离的出射面,其中所述出射面至少具有针对从所述分立光学装置所投射的期望半角的光维持辐射率恒定所需的最小面积;

一组侧壁,其中每一侧壁包括多个部分,每个部分被选择为使得在相应角距中从所述入射面到该部分具有直线传播路径的光线反射到所述出射面,并且所述光线在出射面上以小于或等于临界角的方式入射,其中所述侧壁被布置和成形为使得能够以期望的半角和强度特性通过所述出射面提取通过入射面进入所述分立光学装置的至少 70% 的光。

2. 根据权利要求 1 所述的分立光学装置,其中,所述出射面具有针对从所述分立光学装置所发射的期望半角的光维持亮度恒定所需的最小面积。

3. 根据权利要求 1 所述的分立光学装置,其中,所述出射面具有至少等于最小面积  $\frac{\Phi_2 n_1^2 A_1 \Omega_1}{\Phi_1 n_2^2 \Omega_2}$  的面积,其中,  $\Phi_1$  是进入所述入射面的光通量,  $\Phi_2$  是离开所述出射面的光通量,

$\Omega_1$  是光进入所述入射面的有效立体角,  $\Omega_2$  是光离开所述出射面的有效立体角;  $A_1$  是所述入射面的面积,  $n_1$  是所述分立光学装置的材料的折射率,以及  $n_2$  是所述分立光学装置的外面的物质的折射率。

4. 根据权利要求 3 所述的分立光学装置,其中,所述 LED 具有正方形形状,并且其中使用考虑了所述 LED 的所述正方形形状的光离开所述出射面的有效立体角,来选择维持辐射率恒定的出射面的最小面积。

5. 根据权利要求 1 所述的分立光学装置,其中,将每一侧壁布置和成形为使得从所述入射面到该侧壁具有直线传播路径的至少 80% 的光线以小于或等于所述出射面处的临界角的所述出射面上的入射角,被反射到所述出射面。

6. 根据权利要求 5 所述的分立光学装置,其中,所反射的至少 80% 的光线通过全内反射而被反射。

7. 根据权利要求 5 所述的分立光学装置,其中,还包括每个侧壁上的反射涂层,并且其中将每一侧壁成形为使得所述至少 80% 的光线的一部分以小于或等于所述出射面处的临界角的所述出射面上的入射角,被所述反射涂层反射到所述出射面。

8. 根据权利要求 1 所述的分立光学装置,其中,选择所述侧壁的形状,以产生从所述分立光学装置投射的光的期望的强度特性。

9. 根据权利要求 7 所述的分立光学装置,其中,所期望的强度特性是近似均匀的强度特性。

10. 根据权利要求 1 所述的分立光学装置,其中,所述分立光学装置由单块固体材料形成。

11. 根据权利要求 10 所述的分立光学装置,其中,所述分立光学装置的折射率在所述 LED 的衬底的折射率的 20% 以内。

12. 根据权利要求 1 所述的分立光学装置,其中,所述入射面和所述出射面具有与所述

LED 相同的形状和纵横比。

13. 根据权利要求 1 所述的分立光学装置, 其中, 所述出射面平行于所述入射面, 并与所述入射面旋转对准。

14. 根据权利要求 1 所述的分立光学装置, 其中, 所述入射面是正方形的。

15. 根据权利要求 1 所述的分立光学装置, 其中, 所述分立光学装置被配置为输出基本上为正方形且均匀的光束。

16. 根据权利要求 1 所述的分立光学装置, 其中, 所述分立光学装置被配置为在维持辐射率恒定的同时, 将来自所述 LED 的光引导到比入射立体角小的出射立体角中。

17. 根据权利要求 16 所述的分立光学装置, 其中, 所述分立光学装置被配置为提供均匀的辐射强度分布。

18. 根据权利要求 1 所述的分立光学装置, 其中, 所述分立光学装置包括由入射面和一组额外的入射面定义的一空腔, 所述 LED 至少部分地安装于所述空腔中。

19. 一种分立光学装置, 用于耦接到分立 LED, 所述分立光学装置包括 :

入射面, 用于当所述分立光学装置耦接到分立 LED 时, 接收来自所述分立 LED 的层的光;

与所述入射面相对并与所述入射面相距一距离的出射面, 其中所述出射面至少具有针对从所述分立光学装置所投射的期望半角的光维持辐射率恒定所需的最小面积;

一组侧壁, 其中, 每一侧壁包括多个部分, 每个部分被选择为使得在相应角距中从所述入射面到该部分具有直线传播路径的至少一部分光线反射到所述出射面, 并且所述光线在出射面上以小于或等于临界角的方式入射, 其中所述侧壁布置和成形为使得从所述入射面到该侧壁具有直线传播路径的光线以小于或等于所述出射面处的临界角的所述出射面处的入射角, 被反射到所述出射面, 使得能够通过所述出射面提取进入所述分立光学装置的至少 70% 的光, 其中, 每一侧壁的形状是多个小面的叠加, 每个小面都是平面部分;

其中, 选择所述出射面的面积、所述入射面和出射面之间的距离和侧壁的形状, 用以以至少 70% 的效率和从所述分立光学装置投射的光的期望的强度特性, 以 10 至 60 度之间的半角来投射光。

20. 根据权利要求 19 所述的分立光学装置, 其中, 选择所述出射面的面积、所述入射面和出射面之间的距离和侧壁的形状, 用以以至少 90% 的效率, 以 10 至 60 度之间的半角来投射光。

21. 根据权利要求 19 所述的分立光学装置, 其中, 所述出射面具有至少等于最小面积  $\frac{\Phi_2 n_1^2 A_1 \Omega_1}{\Phi_1 n_2^2 \Omega_2}$  的面积, 其中,  $\Phi_1$  是进入所述入射面的光通量,  $\Phi_2$  是离开所述出射面的光通量,

$\Omega_1$  是光进入所述入射面的有效立体角,  $\Omega_2$  是光离开出射面的有效立体角;  $A_1$  是所述入射面的面积,  $n_1$  是所述分立光学装置的材料的折射率, 以及  $n_2$  是所述分立光学装置的外面的物质的折射率。

22. 根据权利要求 21 所述的分立光学装置, 其中, 所述 LED 具有正方形形状, 并且其中使用考虑了所述 LED 的所述正方形形状的光离开所述出射面的有效立体角, 来选择维持辐射率恒定的出射面的最小面积。

23. 根据权利要求 19 所述的分立光学装置, 其中, 将每一侧壁布置和成形为使得从所述入射面到该侧壁具有直线传播路径的至少 80% 的光线以小于或等于所述出射面处的临界角的所述出射面上的入射角, 被反射到所述出射面。

24. 根据权利要求 19 所述的分立光学装置, 还包括每个侧壁上的反射涂层, 其中, 将每一侧壁成形为使得在所述侧壁处被反射的光线的一部分以小于或等于所述出射面处的临界角的所述出射面上的入射角, 被所述反射层反射到所述出射面。

25. 根据权利要求 19 所述的分立光学装置, 其中, 所述分立光学装置由单块固体材料形成。

26. 根据权利要求 25 所述的分立光学装置, 其中, 所述分立光学装置的折射率在所述 LED 的衬底的折射率的 20% 以内。

27. 根据权利要求 19 所述的分立光学装置, 其中, 所述入射面和所述出射面具有与所述 LED 相同的形状和纵横比。

28. 根据权利要求 19 所述的分立光学装置, 其中, 所述出射面平行于所述入射面, 并与所述入射面旋转对准。

29. 根据权利要求 19 所述的分立光学装置, 其中, 所述入射面是正方形的。

30. 根据权利要求 19 所述的分立光学装置, 其中, 所述分立光学装置包括由所述入射面和一组额外的入射面定义的一空腔, 所述 LED 至少部分地安装于所述空腔中。

31. 一种分立光学装置, 被配置为耦接到分立 LED, 所述分立光学装置包括 :

入射面, 用于当所述分立光学装置耦接到分立 LED 时, 接收来自所述分立 LED 的层的光;

与所述入射面相对并与所述入射面相距一距离的出射面, 其中所述出射面具有至少等于由  $\frac{\Phi_2 n_1^2 A_1 \Omega_1}{\Phi_1 n_2^2 \Omega_2}$  定义的最小面积的面积, 其中,  $\Phi_1$  是进入所述入射面的光通量,  $\Phi_2$  是离开所述出射面的光通量,

$\Omega_1$  是光进入所述入射面的有效立体角,  $\Omega_2$  是光离开所述出射面的有效立体角;  $A_1$  是所述入射面的面积,  $n_1$  是所述分立光学装置的材料的折射率, 以及  $n_2$  是所述分立光学装置的外面的物质的折射率, 其中, 将所述从入射面到出射面的距离选择为至少等于最小距离, 其中所述最小距离是使得从所述入射面到所述出射面具有直线传播路径的所有光线具有小于或等于所述出射面处的临界角的入射角的入射面和出射面之间的最小距离;

一组侧壁, 其中, 每一侧壁包括多个部分, 每个部分被选择为使得在相应角距中从所述入射面到该部分的具有直线传播路径的光线反射到所述出射面, 并且所述光线在出射面上以小于或等于临界角的方式入射, 其中每个侧壁的部分布置和成形为使得从所述入射面到该侧壁具有直线传播路径的至少一部分光线以小于或等于所述出射面处的临界角的所述出射面处的入射角, 通过全内反射被反射到所述出射面, 其中, 每一侧壁的形状是多个小面的叠加, 每个小面都是平面部分;

其中, 选择所述出射面的面积、所述入射面和出射面之间的距离和侧壁的形状, 用以以至少 60% 的效率和从所述分离光学装置透射的光的期望的强度特性, 以 10 至 60 度之间的半角来投射光。

32. 根据权利要求 31 所述的分立光学装置, 其中, 选择所述出射面的面积、所述入射面

和出射面之间的距离和侧壁的形状,用以以至少 90% 的效率,以 10 至 60 度之间的半角来投射光。

33. 根据权利要求 31 所述的分立光学装置,其中,所述 LED 具有正方形形状,并且其中使用考虑了所述 LED 的所述正方形形状的光离开所述出射面的有效立体角,来选择维持辐射率恒定的出射面的最小面积。

## 用于引导来自 LED 的光的分立光学装置

[0001] 相关申请

[0002] 本申请根据 35U.S.C.119(e) 要求 Duong 等人 2006 年 1 月 5 日递交的名称为“Optical Device”的美国临时申请 No. 60/756845 的优先权，在此通过引用从而将其全部内容并入。

### 技术领域

[0003] 本发明涉及分立光学装置。甚至更具体地，本发明的实施例涉及用于提高对来自分立发光二极管（“LED”）的光的利用能力的装置和方法。

### 背景技术

[0004] 发光二极管（“LED”）在电子领域中是普遍存在的。它们用于数字显示器、照明系统、计算机和电视、蜂窝式电话以及各种其它装置中。在 LED 中，如在传统二极管中一样，多余的电子从 N 型半导体移动到 P 型半导体中的电子空穴。但是，在 LED 中，在该过程期间光子被释放以产生光。对于许多应用来说，期望聚集尽可能多的来自 LED 的光，并使其分布成所期望的锥角。

[0005] 许多传统的 LED 器件使用形成在 LED 周围的圆顶球面或非球面透镜。一般地，从透镜到圆顶的距离控制着发射锥（emission cone）。T- $1\frac{3}{4}$ 、T-5mm 或其变型是圆顶透镜 LED 的例子。但是，该设计有几个缺点。首先，典型的圆顶仅能聚集 f/1 接收角的 LED 晶片（die）。因此，大于该角度所发射的光子或者由于全内反射（“TIR”）而被陷在圆顶内，或者以无法利用的角度发射出圆顶的边缘。其次，光的分布高度地依赖于芯片和圆顶之间的对准的精确性。因此，远场分布和近场分布常常牺牲。第三，近场和远场分布之间可能存在显著的不一致性。最后，分布本身在空间上不均匀。

[0006] 另一传统的方案是在 LED 的上面放置较大的圆顶。虽然该方法确实允许大多数（如果不是全部的话）能量出来，但是对于实际应用来说有几个显著的缺点。首先，发射锥角典型地大于 180 度。虽然光不再被陷住，但是能量被发射到大于 LED 固有角（original angle）的角度。机械壳体等可能以较大的角度晕映（vignette）、散射以及吸收光。其次，由于大多数二次光学系统仅能聚集 f/1 锥体（具有约 30 度或更小的半角的锥体），所以损失很多光。第三，由于圆顶远大于 LED 晶片，分布不必要地覆盖过大的区域。这导致光被聚焦时的低功率密度（或辐照度）。

[0007] 另一方案是在典型圆顶透镜的上面放置 TIR 透镜，以聚集所发射的所有能量，并将其引导到较小的锥体中。这增加了系统的复杂性，并且仅解决使更多的光进入较窄的锥角中的问题。这些系统也不能解决保持光源的亮度恒定、生成均匀的图案以及维持远场和近场的一致性的问题。另外，添加这样的 TIR 透镜使照明封装的大小和成本成十倍地增大，从而使得该方案对于电子和便携式装置中的几乎所有 LED 应用都不实用。其它的系统采用复杂精密的 TIR 透镜、反射式集光器（collector）和聚光透镜系统。尽管某些从圆顶使 LED 再成像的反射式系统可以维持辐照度（例如，LED 位于一个焦点处而像位于另一焦点处的

椭球体),但是这些系统对许多应用来说是不实用的。

## 发明内容

[0008] 本发明的实施例提供的分立光学装置和方法基本上消除或减少了以前的分立光学装置系统和方法的缺点。对于本公开来说,“分立光学装置”是独立于 LED 而形成、但可以形成在 LED 的上方的光学装置。

[0009] 本发明的一个实施例包括用于耦接到 LED 的分立光学装置;该分立光学装置包括:入射面,用于当该分立光学装置耦接到分立发光二极管时接收来自该 LED 的层的光,以及与该入射面相对并且与该入射面相距一距离的出射面。该出射面至少具有针对从该分立光学装置所发射的期望半角的光保持亮度恒定所必需的最小面积。另外,该分立光学装置可以包括一组侧壁。可以将每一侧壁布置和成形为使得:从该入射面到该侧壁具有直线传播路径的至少大多数光线以小于或等于出射面的临界角的出射面处的入射角,被反射到出射面。

[0010] 本发明的另一实施例包括用于耦接到分立 LED 的分立光学装置,该分立光学装置包括:入射面,用于当该分立光学装置耦接到分立非圆形 LED 时接收来自分立非圆形 LED 的层的光;出射面,与该入射面相对,并且与该入射面相距一距离;以及一组侧壁。根据一实施例,该出射面至少具有针对发射自该分立光学装置的期望半角的光保持亮度恒定所必需的最小面积。另外,可以将每一侧壁布置和成形为,使得:从入射面到该侧壁具有直线传播路径的至少一部分光线以小于或等于出射面的临界角的出射面处的入射角,被反射到出射面。每一侧壁形状代表多个轮廓面的叠加。可以选择出射面的面积、距离和侧壁形状,用以至少 60% 的效率和期望的强度特性 (profile),以 10 至 60 度之间的半角来投射光。

[0011] 本发明的另一实施例包括用于耦接到分立 LED 的分立光学装置,该分立光学装置包括:入射面,用于当所述分立光学装置耦接到分立非圆形 LED 时,接收来自所述分立非圆形 LED 的层的光;与所述入射面相对并与所述入射面相距一距离的出射面;以及一组侧壁。

所述出射面可以具有至少等于由  $\frac{n_1^2 A_1 \Omega_1}{n_2^2 \Omega_2}$  定义的最小面积的面积,其中,  $\Omega_1$  是光进入所述

入射面的有效立体角,  $\Omega_2$  是光离开所述出射面的有效立体角,  $A_1$  是所述入射面的面积,  $n_1$  是所述分立光学装置的材料的折射率,以及  $n_2$  是所述分立光学装置的外面的物质的折射率。可以将出射面和入射面之间的距离选择为至少最小的距离,使得从所述入射面到所述出射面具有直线传播路径的所有光线具有小于或等于所述出射面处的临界角的入射角。另外,可以将每一侧壁布置和成形为使得从所述入射面到该侧壁具有直线传播路径的至少一部分光线以小于或等于所述出射面处的临界角的所述出射面处的入射角,被反射到所述出射面。每一侧壁的形状代表多个轮廓面的叠加。可以选择所述出射面的面积、距离和侧壁的形状,用以至少 60% 的效率和期望的强度特性,以 10 至 60 度之间的半角来投射光。

[0012] 本发明的实施例提供一种分立光学装置,该分立光学装置通过在保持亮度恒定的同时以期望的半角和强度特性来投射光,从而提供优于现有技术的技术优势。本发明的实施例可以,例如,以 60–96% 的效率以 10 至 60 度半角(或其它半角)提供光。在出射面上具有合适的增透涂覆层的情况下效率可以比这更高(接近 100%),或者比这低。

[0013] 另一优点是,根据本发明实施例的分立光学装置可以比以前的分立光学装置小很

多（包括小十倍以上）。

[0014] 又一优点是，可以在没有损耗或者损耗最小的情况下形成紧凑的分立光学装置阵列。

[0015] 本发明的实施例提供另一优点：提供具有均匀或接近均匀的强度分布的正方形或矩形输出。

[0016] 本发明的实施例提供另一优点：减轻或消除对用于生成具有期望半角的光的二次光学器件的需要。

[0017] 本发明的实施例提供另一优点：提供无需额外的光学器件即可以期望的纵横比来投射光的分立光学装置。

[0018] 本发明实施例所提供的另一优点是：可以在近场和 / 或远场中以期望的形状和强度特性来投射光。

## 附图说明

[0019] 通过参考下面结合附图所作出的说明，可以获得对本发明及其优点的更完整的理解，在附图中，相似的附图标记表示相似的特征，以及其中：

[0020] 图 1 是包括根据本发明实施例的分立光学装置的光学系统的一实施例的图形表示；

[0021] 图 2 是一组光线的图形表示，该组光线从一点传播至距该点的距离不同的表面；

[0022] 图 3 提供根据本发明一实施例的分立光学装置的俯视图的图形表示；

[0023] 图 4A 是用于确定侧壁形状的分立光学装置模型的截面的图形表示；

[0024] 图 4B 是示出可以使用计算机程序来定义侧壁的小面的图形表示；

[0025] 图 4C 是分立光学装置的一实施例的图形表示，该分立光学装置的侧壁被成形为引起 TIR，从而使得光线从侧壁被反射到出射面；

[0026] 图 5 是用于估计有效立体角的一实施例的图形表示；

[0027] 图 6A-6E 是说明用于估计有效立体角的另一实施例的图形表示；

[0028] 图 7 是分立光学装置阵列的一实施例的图形表示；

[0029] 图 8 是 DLP 系统的功能性图形表示；

[0030] 图 9 是分立光学装置的另一实施例的图形表示；

[0031] 图 10 是分立光学装置的又一实施例的图形表示；

[0032] 图 11 是堆叠式 (stacked) 分立光学装置的一实施例的图形表示；以及

[0033] 图 12 是分立光学装置的再一实施例的图形表示。

## 具体实施方式

[0034] 在附图中示出了本发明的优选实施例，相似的附图标记用于指代各附图中相似和对应的部分。

[0035] 本发明的实施例提供耦接到 LED 以将来自 LED 的光引导到分立光学装置的出射面的分立光学装置。理想地，配置分立光学装置使得从 LED 进入分立光学装置的所有光都被发射出出射面。为此，可以考虑辐射率恒定原理来设计出射面的尺寸。出射面可以是允许从 LED 进入分立光学装置的所有光离开出射面的最小尺寸，从而将保持辐射率恒定的期望与

减小尺寸的期望相结合。另外,可以使装置的侧壁成形为使得:反射或者全内反射(“TIR”)使入射在侧壁的光束朝向出射面反射,并以小于或等于临界角的角度入射在出射面上。因此,减小或消除由于出射面处的TIR而造成的光损耗。对于由固体介电材料而构成的装置来说,TIR的使用提供无损耗反射的优点。如果装置改为被空气填充,则侧壁可以由会引入一些较小的损耗的反射性材料制成。

[0036] 虽然理想上100%的进入分立光学装置的光都从出射面出射,可是,本发明的各种实施例可能会使量少一些的光从出射面出射,但相对于现有LED分立光学装置其仍然提供显著的进步。更具体地,本发明的实施例允许从LED所接收的光以10-60度的半锥角并以期望的强度特性和大约50-96%的效率(由于折射率为1.5的介电材料的菲涅耳损耗,存在大约4%的效率损耗)从出射面被发射。

[0037] 图1是包括分立光学装置10、LED 15和支撑结构20的光学系统的一实施例的图形表示。LED 15包括典型地为诸如InGaN或InGaP的化合物半导体的发光部25以及诸如蓝宝石衬底、碳化硅(SiC)衬底或本领域已知或已开发出来的其它衬底的衬底30。在图1中,如典型地所体现的那样,衬底30被置于发光部25上面;在另一典型的设计中,可以将衬底30置于发光部25的下面。来自LED 15的光主要地透射过发射面35到达分立光学装置10。LED 15可以是引线接合、倒装芯片或本领域已知或已开发的其它LED。图1示出固定到LED 15的出射面的分立光学装置。可选地,它可以固定到衬底20,并完全围绕LED 15。

[0038] 为了清楚,将LED 15的厚度示为与分立光学装置10比较起来比在实际的装置中大很多。

[0039] 分立光学装置10以与LED 15分离的方式被形成,并且可以使用摩擦配合、光胶或其它耦接机构(无论是机械的、化学的还是其它的),来将其耦接到LED 15或衬底20。优选地,分立光学装置10由具有单一折射率(“IOR”)“n”的一块注模的介电透光材料(例如光学透明的硅树脂或者丙烯酸树脂(acrylic))形成,但是可以使用其它的材料。另外,分立光学装置10的IOR优选在衬底30的IOR的20%以内(理想地,分立光学装置10的IOR等于或大于衬底30的IOR)。

[0040] 分立光学装置10包括用于接收发射自LED 15的光的入射面50。根据一实施例,入射面50与LED 15形状相同,并具有与LED 15的发射面35的边缘尺寸大致相同或比其略大的边缘尺寸。即,入射面50的面积与向分立光学装置10发射光的LED 15的面积的尺寸大致相同,但是考虑到制造过程中的公差、分立光学装置和LED 15对准上的误差或其它因素,入射面50可以略大于LED 15。作为例子,对于1mm见方的LED来说,入射面50可能被制造成每边为1.075mm。

[0041] 分立光学装置10还包括出射面55,在制造过程的公差以内,它优选地与入射面50具有基本相同的形状、与入射面50基本上平行并且基本上旋转对准。可以根据下面的辐射率恒定(有时称为亮度恒定)等式来选择出射面55的面积,以使得对于期望半角亮度恒定:

$$[0042] \frac{\Phi_2 n_1^2 A_1 \Omega_1}{\Phi_1 n_2^2 \Omega_2} = A_2 \quad (\text{等式 } 1)$$

[0043]  $\Phi_1$ =进入入射面50的光通量;

[0044]  $\Phi_2$ =离开出射面55的光通量,由于亮度恒定,  $\Phi_1 = \Phi_2$ ;

[0045]  $\Omega_1$  = 光进入入射面 50 的有效立体角；

[0046]  $\Omega_2$  = 光离开出射面 55 的有效立体角；

[0047]  $A_1$  = 入射面 50 的面积；

[0048]  $A_2$  = 出射面 55 的面积；

[0049]  $n_1$  = 分立光学装置的材料的折射率；

[0050]  $n_2$  = 分立光学装置 10 的出口外面的物质（例如，典型地为空气或其它物质）的折射率。

[0051]  $A_2$  表示根据上面的等式使亮度恒定的出射面 55 的最小表面面积。假定，例如：LED 15 是 1mm 见方的 LED，使得入射面 50 为大约 1mm 见方， $n_1 = 1.5$ ,  $n_2 = 1$ ,  $\Omega_1 = 3$ ,  $\Omega_2 = 1$ ，则  $A_2$  必须至少为  $6.75\text{mm}^2$ ，以使辐射率恒定。虽然在本例子中给出了有效立体角，但是下面结合图 6A-6E 来讨论用于确定对于期望半角的  $\Omega_1$  和  $\Omega_2$  的方法。

[0052] 根据等式 1 的  $A_2$  是对于给定输出锥角或发射半角使辐射率恒定的最小的可能尺寸。因此，为了使辐射率恒定， $A_2$  应该至少为根据等式 1 所确定的尺寸，但是可以更大。例如，可以使  $A_2$  略大，以补偿制造过程中的公差、对准分立光学装置 10 和 LED 15 的误差以及其它因素。

[0053] 在使  $A_2$  比根据等式 1 确定的值大的情况下，通量将恒定，但出射度 (exitance)（定义为每单位面积的通量）将从最大的可达值减小。

[0054] 但是，为节省空间，优选使  $A_2$  尽可能小。例如， $A_2$  优选为在使辐射率保持在 5% 之内恒定所需的最小面积的 5% 之内。如果有些光功率（光通量）可以被牺牲，则  $A_2$  可以小于辐射率恒定所指示的大小。另外，出射面 55 的形状可以不同于入射面 50，只要其面积满足上面所讨论的要求即可。

[0055] 可以选择分立光学装置 10 的入射面 50 和出射面 55 之间的距离——这里称为“高度”，但是该距离可以在垂直方向以外的其它方向上延伸——以减少或最小化从入射面 50 直接传播到出射面 55 的光线的 TIR。当光以大于临界角的入射角入射到表面上时，发生 TIR，临界角由下式来定义：

[0056]  $n_1 \star \sin(\theta_c) = n_2 \sin(90)$  等式 2

[0057] 其中， $n_1$  = 分立光学装置的 IOR；

[0058]  $n_2$  = 分立光学装置 10 的出口外面的物质（例如，空气或其它物质）的 IOR；以及

[0059]  $\theta_c$  = 临界角。

[0060] 例如，如果  $n_1 = 1.5$ ,  $n_2 = 1$ ，则  $\theta_c = 41.81$  度。因此，可以选择分立光学装置 10 的高度，以将入射在出射面 55 上的光线的临界角限制在垂直于出射面 55 和小于或等于临界角之间的范围。

[0061] 简要地参考图 2 和 3，图 2 是从点 57 传播而入射在表面 55（表示为与点 57 相距不同距离的表面 55a、55b 和 55c）上的一组光线的图形表示。在表面 55a 的例子中，一些光线（例如，光线 56）以大于临界角的角度入射到表面 55a 上，从而导致由于 TIR 的光损耗。在表面 55b 的例子中，相反地，本来将以临界角或略小于临界角的角度入射到表面 55c 的一些光线（例如，光线 57）将改为入射到侧壁上。如果需要，防止这些光线的损耗可能会使侧壁设计的复杂性增大。另外，额外的高度需要更多的空间以容纳光学装置（即，因为光学装置更高了）。最后，在表面 55c 的情况下，等于或小于临界角的光线入射到表面 55 上，同时

本来将以大于临界角的角度入射到出射面 55 上的光线改为入射到侧壁上。如下所述,可以使用 TIR 或反射将入射到侧壁的光线引导到出射面 55。

[0062] 根据一实施例,用于选择高度的极限光线是从入射面 50 到出射面 55 传播了最长直线距离并以临界角入射到出射面 55 上的光线。可能存在可以作为极限光线选择的多于一条的光线。在正方形或矩形的配置中,它是这样的光线:在入射面 50 的角落处进入分立光学装置 10,并且以直线传播到出射面 55 的对角的角落,使得该光线以临界角入射到出射面 55 上。

[0063] 图 3 提供分立光学装置 10 的俯视图以及对于正方形配置的极限光线 59 的图形表示。虽然在优选实施例中,选择分立光学装置 10 的高度,以将入射在出射面 55 上的光线的临界角限制在垂直于出射面 55 和小于或等于临界角之间的范围,但是可以选择其它的高度,尽管使用其它高度可能减小分立光学装置 10 的效率。优选地,入射面和出射面之间的距离在最小高度的 5% 之内,该最小高度使从入射面到出射面具有直线传播路径的所有光线在出射面上具有小于或等于临界角的入射角。

[0064] 返回图 1,利用所选择的入射面 50 的大小和形状、出射面 55 的大小和形状、入射面 50 和出射面 55 之间的大小和距离的边界条件,可以将分立光学装置 10 的侧壁(例如,侧壁 60、侧壁 65 和其它侧壁)成形为将入射到侧壁内侧的光引导到出射面 55,从而产生期望的强度特性。虽然对大多数应用来说期望的强度特性是均匀的或接近均匀的,但是,通过改变侧壁的高度和形状也可以得到其它分布特性。应当注意的是,对于具有均匀朗伯(Lambertian)发射模式的理想发射器的情况,对于具有最小的根据等式 1 所计算出的表面面积以及在出射面 具有均匀的辐射强度分布的光学装置,则集光率(etendue)等式要求出射面处的出射率分布也是均匀的。如果期望除均匀出射率特性以外的出射率特性,则输出面面积必须大于根据等式 1 所计算出的面积。输出面的任一单位区域决不可能具有大于光源辐射率的辐射率。

[0065] 一般来说,确定侧壁的形状以使得入射到侧壁上的任一光线都向出射面 55 反射并以临界角或更小的角度入射到出射面 55(即,使得不存在由于出射面 55 处的内反射而引起的损耗)。这在图 1 中已由光线 70 示出,光线 70 具有大于  $\theta_c$  的相对于侧壁 65 的入射角 75,使得光线 70 被反射到出射面 55 并具有小于或等于  $\theta_c$  的入射角 80。虽然优选地,将侧壁成形为使得碰到侧壁内表面的所有光线进行向出射面 55 的全内反射并以临界角或更小的角度入射到出射面 55,但是也可以使用允许一定损耗的其它侧壁形状。

[0066] 图 4A 是用于确定侧壁形状的分立光学装置模型的截面的图形表示。可以使用计算机辅助设计来确定侧壁形状。可以在计算机辅助设计包中创建侧壁模型,并运行仿真来确定合适的侧壁形状。

[0067] 根据一实施例,每一侧壁可以分割成 n 个小面,每个小面都是平面部分。例如,侧壁 100 由 15 个平面小面 102a-102o 而不是连续的曲面而组成。如下所述,可以迭代调整每一小面的变量,并分析所产生的分布特性,直到得到满意的特性。尽管使用了 15 个小面的例子,但是每一侧壁可以分割成任意数量的小面,包括多于 30 个小面。

[0068] 可以针对反射分立光学装置中光线的特定子集来分析每一小面。可以将该关注区域定义为“角距(angular subtense)”。可以根据发射自预定义的点的光线的角度来定义小面的角距。优选地,所选择的点为将在小面上以最高的入射角给出光线的点,因为这样的

光线在小面处经历 TIR 的可能性最小。在正方形的分立光学装置中,例如,这将是入射面对边上的点。

[0069] 根据一实施例,对于所选择的  $A_1$ 、 $A_2$  和高度,可以确定将入射到给定侧壁(例如侧壁 100)上而不是先被另一侧壁反射的任一光线的最大角 95。在该例子中,从点 115 发射的光线 110 相对侧壁 100 形成最大角 95。如果最大角 95 是 48 度,并且侧壁 100 有 15 个小面,则每一小面(假定角距平均分布)将对应角度 95 中 3.2 度的带(例如,第一小面将是从点 115 发射的角度 95 中 0-3.2 度的光线入射于其上的区域,第二小面将是从点 115 发射的角度 95 中 3.2-6.4 度的光线入射于其上的区域,等等)。

[0070] 对于每一小面来说,可以设置小面的出射角、小面大小、倾斜角或其它参数,使得入射到小面上的所有光线都进行 TIR 并被反射到出射面 55,从而使得它们都以小于或等于临界角的入射角入射到出射面 55 上。优选地,也可以将侧壁成形为使得在截面图中所观察到的光线只碰到侧壁一次。但是,可能存在来自该部分的平面之外的侧壁的第三维反射。对于全 3D 分析来说,撞击到角落附近的第一侧壁的光线可能然后弹向与第一侧壁临近的第二侧壁,并从那里弹向出射面。可以进行曲线拟合或其它数值分析,以创建与期望的小面最佳拟合的弯曲的侧壁形状。例如,在图 4A 中,侧壁 105 是曲面的,而不是一组平面小面。

[0071] 为了最优化每一小面的变量,可以建立模拟的检测器平面 120。检测器平面 120 可以包括 x 个独立地记录入射功率的检测器。可以执行对穿过分立光学装置的光的仿真,并分析由检测器平面 120 所接收到的强度分布。如果对于特定应用来说强度分布不令人满意,则可以调整小面的角度和角距,生成新的曲面并重新进行仿真,直到得到满意的强度特性。可以分析另外的检测器平面,以确保近场和远场模式两者都均匀。可选地,可以使用小面而不是曲面来进行仿真,在得到期望的强度特性之后确定曲面。在又一实施例中,侧壁可以保持小面化,并不生成曲面。

[0072] 图 4B 是示出可以使用诸如 Microsoft Excel(Microsoft 和 Excel 是基于 Redmond, Washington 的 Microsoft Corporation 的商标)的计算机程序来定义侧壁的小面的图形表示。可以使用 Microsoft Excel 中的图表特性来创建侧壁形状的图表,如 125 所示。可以将相同的一般形状用于每一侧壁,或者将不同的形状用于不同的侧壁。可以在例如 Zemax 光学设计程序(Zemax 是 Bellevue, Washington 的 Zemax Development Corporation 的商标)中分析具有指定的侧壁形状(或者具有基于指定小面的曲面的侧壁形状)的分立光学装置。可以在 Zemax 中进行计算机仿真,以生成光线轨迹以及强度和辐照度特性。如果所生成的强度和辐照度特性具有令人不满意的分布,或者分立光学装置的效率太低,则可以调整各小面的变量,并再次进行仿真。通过使用计算机程序可以自动进行该处理,以自动调整小面变量。

[0073] 当获得满意的效率和强度特性时,可以形成具有指定参数的分立光学装置。图 4C 中示出了这样的分立光学装置的例子,图 4C 提供分立光学装置 10 的一实施例的图形表示,该分立光学装置的侧壁被成形为引起 TIR,使得光线从侧壁被反射到出射面。在该实施例中,每一侧壁的形状是由各种小面所定义的多个轮廓面的叠加。虽然为了制造容易而进行曲线拟合,但是本发明的其它实施例可以保持小面化的侧壁。

[0074] 如上所述,为分立光学装置确定各种边界条件,特别是出射面 55 的面积,使得亮度恒定。可以根据上面的等式 1 来确定出射面 55 的最小面积,其依赖于各种有效立体角。

典型地, 基于从如朗伯发射器那样发光、但是因为关注的距离远大于光源的尺寸而被作为点处理的光源所得到的等式来确定光的有效立体角。所观察到的朗伯光源的辐射强度(光通量 / 立体弧度)随着与光源的法线所成的角度按照该角度的余弦而变化。它的发生是因为, 虽然辐射率(光通量 / 立体弧度 / m<sup>2</sup>)在所有方向上保持相同, 但是当所观察到的角度增大为 90 度时光源的有效面积减小为零。该影响在整个半球上的积分导致等于  $\pi$  立体弧度的投影立体角值。

[0075] 转向图 5, 假定给定半径(R)的球体 130 围绕点光源 132。可以使用圆 134 的半径( $R_c$ )来计算面积  $A_3$ , 作为被关注的光束立体角所包住的平坦的圆面(例如, 面 136), 该半径是从法线到球面的交叉点的距离。对于给定的为  $\theta$  的光束的半角 137 来说,  $R_c$  是 R(球体的半径)和角度  $\theta$  的正弦的乘积, 使得

$$[0076] R_c = R * \sin(\theta) \quad \text{等式 3}$$

[0077] 该面积等于:

$$[0078] A_3 = \pi R_c^2 \approx \pi (R * \sin(\theta))^2 \quad \text{等式 4A}$$

[0079] 面积  $A_3$  是立体角与球体相交时立体角的投影面积。用面积  $A_3$  除以半球的投影面积 ( $A_h = \pi R^2$ ), 并将该商乘以整个半球的投影立体角(等于  $\pi$ ), 以得到投影立体角  $\Omega$ , 使得

$$[0080] \Omega = \pi \{ \text{期望立体角的投影面积} \} / (\text{半球的投影面积}) \quad \text{等式 4B}$$

$$[0081] \Omega = (\pi)^* [(\pi (R * \sin(\theta))^2) / (\pi R^2)] \quad \text{等式 4C}$$

$$[0082] = \pi * \sin^2(\theta) \quad \text{等式 5}$$

[0083] 对于入射面 50 来说,  $\theta$  大约是 90 度, 导致投影立体角为  $\pi * \sin^2(90^\circ) = \pi$ , 对于为 30 度的期望半角来说, 投影立体角是  $\pi * \sin^2(30^\circ) = \pi/4$ 。使用这些值作为等式 1 的  $\Omega_1$  和  $\Omega_2$ , 可以为 30 度的期望半角确定  $A_2$ 。

[0084] 在上面的例子中, 使用由点光源得到的等式来确定有效立体角。这些等式没有考虑 LED 15 可以是正方形、矩形或其它形状的事实。虽然该方法可以对  $A_2$  进行很好的估计(如果必要稍后可以基于经验或计算机仿真测试对其进行调整), 但是可以使用其它的确定有效立体角的方法。

[0085] 图 6A-6E 说明用于确定附着到 LED 的分立光学装置的有效立体角的另一方法, 该方法更精确地考虑了典型分立 LED 的正方形特性。图 6A 是分立光学装置 160(在图 6B 中示出)的入射面 150 和出射面 155 以及将光投射到其上的假设目标平面 156 的一实施例的图形表示。为了进一步讨论, 假设入射面 150 的中心位于笛卡儿(Cartesian)坐标系统的 0, 0, 0。目标平面 156 代表所产生的模式的参数(例如, 其它光学器件所使用的大小和半角)。根据一实施例, 对角线处的半角(在图 6B 中被示为  $\alpha_1$ )是起点。例如, 如果目标平面 156 处的期望的光具有 30 度的最大半角, 则正方形或矩形面的分立光学装置的  $\alpha_1$  是 30 度。然后可以根据下式确定分立光学装置 160 内的半角(用  $\beta_1$  标示, 还在图 6C 中示出):

$$[0086] n_2 \sin(\alpha_1) = n_1 \sin(\beta_1) \quad \text{等式 6}$$

[0087] 其中,  $n_1$  是分立光学装置的 IOR;

[0088]  $n_2$  是光从分立光学装置被投射到其中的材料(通常为空气)的 IOR;

[0089]  $\alpha_1$  是 LED 材料的半角(典型地为 90 度);

[0090]  $\beta_1$  是分立光学装置中的期望的半角。

[0091] 例如,如果期望的半角  $\alpha_1$  为 30 度,并且 IOR 为 1.5 的分立光学装置投射到 IOR 为 1 的空气中,则  $\beta_1 = 19.47$  度。可以为从入射面 150 的长、短边上的点所投射的光线进行相似的计算。例如,如图 6B 和 6C 所示,可以为从入射面 150 上的一边的中心传播到出射面 155 的对边的中心的光线确定  $\alpha_2$  和  $\beta_2$ 。(临界角同样是 19.47,但是  $\beta_1$  与  $\beta_2$  不同。使用光学装置的边和高度的几何关系来确定  $\beta_2$ 。)

[0092] 使用所计算出的角度,可以确定有效点光源 157 的位置。对于长度为  $l_1$  的正方形入射面 150 来说,有效点光源将位于  $X = 0, Y = 0$ ,且

$$[0093] Z_{eps} = \frac{l_1}{\sqrt{2 * \tan(\beta_1)}} \text{ 等式 7}$$

[0094] 其中,  $Z_{eps}$  是有效点光源从 LED 的发射面所移位的距离。

[0095] 假定  $F_1$  与单位半径的球体相交,可以根据下式计算从有效点光源 157 到点  $F_1$  和  $F_2$  的距离  $X, Y$  和  $Z$ :

$$[0096] X_{F1} = \cos(\psi_1) \sin(\beta_1) \quad \text{等式 8}$$

$$[0097] Y_{F1} = \sin(\psi_1) \sin(\beta_1) \quad \text{等式 9}$$

$$[0098] Z_{F1} = \cos(\beta_1) \quad \text{等式 10}$$

$$[0099] X_{F2} = \cos(\psi_2) \quad \text{等式 11}$$

$$[0100] Y_{F2} = \sin(\beta_2) \quad \text{等式 12}$$

$$[0101] Z_{F2} = \cos(\beta_2) \quad \text{等式 13}$$

[0102] 其中,  $\psi_1$  是 X-Y 平面内的对角线的角度(对于正方形为 45°),对于从平行于如图 6C 所示的 X 轴的边的中点所投射的光线,  $\psi_2 = 90$  度。可以使用基于前面所计算出的几何关系的相似的方法,来确定其它点(例如,可以基于点  $F_1$  和  $F_2$  的位置以及目标平面 156 处的光的期望半角,来确定点  $T_1$  和  $T_2$  的位置)。

[0103] 图 6D 示出对角光线以及一条从短边投射到出射面 155 的球体 159 和目标平面 156 的球体 161 上的光线。对于出射面 155 来说,边缘光线在球体 159 处的交点集(intersection)在出射面 155 的平面上的投影形成椭圆部分。同样,折射的出射光线在目标平面的边缘处的投影与球体 161 相交。例如,图 6E 指出位于由目标平面 156 的边缘 163 所形成的平面内的光线与球体 161 相交的圆形交点集,以及该交点集在目标平面 156 上的投影。通过计算围绕目标平面的正方形的每一椭圆部分的面积,并将其加到目标平面的面积上,我们就得到目标平面的总投影面积。使用等式 4B 可以确定目标平面的有效立体角。相似地,通过使用球体 159 以及光线在其上所形成的椭圆部分,可以确定光学装置的有效立体角。例如,如上所述确定总投影面积,并将其作为“期望立体角的投影面积”代入等式 4B 中。

[0104] 在一示例性例子中,将以上方法用于 30 度半角以及正方形 LED 和输出平面,对空气中的目标产生 0.552 立体弧度的有效立体角。与此相对照,使用具有 30 度半角的传统圆形投影面积将产生 0.785 立体弧度的有效立体角。然后当将这些值用于等式 1 中时,对于给定的 IOR 和通量,传统(圆形)计算产生尺寸小了约 30% 的必需的出射面积。如果使用该方法设计系统,则根据适用的物理原理(辐射率恒定),相对于最佳设计将减少光输出 30%。相反,使用上述校正后的有效立体角计算出的出射面面积将比圆形计算所得到的多

产生 42% 的光输出。

[0105] 虽然上面对用于确定分立光学装置的有效立体角的特定方法进行了说明,但是可以使用本领域已知或已开发出来的任何方法。可选地,可以凭经验确定使亮度恒定的最小表面面积。另外,虽然上面的最小表面面积计算假定 LED 的 100% 的发射面都发光,但是在现实生活的装置中,可能小于 100% 的发射面面积发光,并且分布可能不均匀。可以考虑 LED 的实际发光面积,而不是入射面的大小,来调整出射面最小面积的计算结果。即,可以使用 LED 的实际发光面积作为  $A_1$ 。

[0106] 根据本发明实施例的分立光学装置可以以最高 96% 的理论效率(意思是在 4% 的菲涅耳损耗的情况下,将从 LED 所接收的 96% 的光发射到期望的半角中),将光投射到 10–60 度的期望的锥角内。在没有菲涅耳损耗的情况下,该效率可以是 100%。即使只有 70% 的效率,本发明的实施例也提供了比其它 LED 技术更高的效率,同时还产生在近场和远场处都均匀或近乎均匀的强度分布。

[0107] 当与以前的 LED 方案相比较时,可以容易地看出本发明的优点。对于直封装(例如,具有垂直侧壁的正方形或立方体封装)来说,入口和出口的有效立体角相同。假定分立光学装置材料的折射率为 1.5,空气的折射率为 1,则大约 66% 的光由于 TIR 没有离开与入射面相对的表面。因此,在从与入射面相对的表面发射出去的光量上,直壁的分立光学装置只提供约 44% 的效率。另外,需要二次光学元件使光形成期望的半角。

[0108] 虽然用于典型 LED 的圆顶光学装置展示出较高的效率,但是仍然存在由于 TIR 引起的光损耗,并且所发射的光以不易用于大多数应用的光线模式分布在圆顶表面。因此需要诸如透镜或反射镜的二次集光机构,以使所发射的光成形到可用的角度。

[0109] 本发明实施例所提供的另一优点是,可以将多个分立光学装置容易地布置成这样的阵列:该阵列提供具有基本上均匀的强度分布的期望角度(例如,  $f/1$  锥体)的光。图 7 示出分立光学装置阵列 200 视图的一个例子。示出了分立光学装置的入射面和出射面的印记(例如,入射面 205 和出射面 210)。使用分立光学装置阵列(以及相应的 LED 阵列)的一个优点是,组成阵列 200 的分立光学装置在高度上能够短于具有相同的组合后的出射面面积和入射面面积的单个分立光学装置。因此,可以使用较小的整体体积空间量,以相同的半角发射相同量的光。另外,这样的系统可能整体上更有效,因为较小的 LED 倾向于比较大的 LED 更有效(即,较小 LED 的阵列可以比具有相同发光表面面积的较大的 LED 更有效)。可以将具有相应的分立光学装置的 LED 阵列布置为照亮大区域或者长的线型表面。

[0110] 可以将本发明的实施例用于各种应用中。一个潜在的应用是用于数字光处理(“DLP”)系统中。在许多 DLP 系统中,DLP 芯片具有在 10 至 12 度之间的半角的接收角。将芯片的面积乘以接收角设置了系统的集光率。与该集光率不匹配的照明系统浪费光。在以前使用 CPC 的系统中,通过二向色滤光器将来自多个 LED 的阵列的光引导到聚光器光学元件、积分通道(integrating tunnel)、成像中继物镜,然后形成锥。需要积分通道生成均匀的输出。

[0111] 另一方面,图 8 是根据本发明的实施例的使用与 LED 组合在一起的分立光学装置(作为 305 一起被示出)的 DLP 系统 300 的功能性图形表示。假定 DLP 系统使用三个 LED 阵列,每个 LED 阵列有 12 个 LED(12 个绿色 LED,12 个红色 LED 以及 12 个蓝色 LED)(与 LED 组合在一起的分立光学装置整体上由 305 示出,为了简单没有全部示出)。每个 LED 可以具

有单独的分立光学装置。对于使用根据本发明的分立光学装置和 LED 305 而不是使用具有 LED 的 CPC 的 DLP 系统, 可以通过二向色滤光器 315 将期望的 f/1 锥角 (由 310 示出) 的均匀的光直接投射到成像中继光学元件 320, 然后在指定接收角内投射到 DLP 芯片 325。另外, 可以将分立光学装置成形为使得所投射的光具有优选的纵横比, 例如 4 : 3, 同时保持亮度恒定。这至少具有两个优点。首先, 节省空间, 因为分立光学装置 305 一般地可以小于 CPC, 并且, 由于不再需要聚光器光学元件和积分通道, 因此传输路径的距离更小。另外, 由于没有由聚光器光学元件和积分通道所引起的光损耗, 因此系统的效率提高了。

[0112] 对于 DLP 系统 300, 根据本发明各种实施例的分立光学装置可以与分立光学装置的出射面处或与分立光学装置的出射面隔开距离的二次聚光透镜一起使用。根据一实施例, 当聚光器透镜与分立光学装置的出射面隔开距离时, 聚光器透镜的焦平面可以大约位于分立光学装置的出射面处。聚光器透镜可以是具有 TIR 和 / 或折射设计的菲涅耳透镜, 或者其它聚光器透镜。分立光学装置和聚光器透镜的组合使得实现这样的性能: 采用具有宽发射立体角 ( $\pi$  立体弧度) 的朗伯光源并将其转换成窄立体角 (0.1 立体弧度或更小的量级), 同时保持系统的辐射率恒定, 并且以很小体积就可以实现。

[0113] 本发明实施例的另一潜在应用是蜂窝式电话显示器照明。该系统典型地使用三个具有填充了磷的封装材料的侧发光蓝色 LED, 以生成白光。LED 的侧面典型地是不透明的, 并且所产生的很大百分比的光都被侧壁吸收。这导致高于 50% 的光由于吸收而被损耗。另外, 对于以大于临界角的角度到达界面的出射光线, 封装到空气的界面处的折射率的改变产生了 TIR 条件。这导致界面处大约 44% 的损耗。另一方面, 根据本发明各种实施例的分立光学装置可以将所产生的最多 95% 的光发送到光导, 从而导致系统亮度的很大的提高。

[0114] 一般将磷和包括各种材料的纳米粒子的其它材料 (这里简单地统称为磷), 与各种颜色的 LED 相结合使用来产生白光。根据各种实施例, 也可以在 LED 和分立光学装置之间对 LED 涂覆磷层; 或者, 磷层可以位于分立光学装置与随后的诸如光导的光学元件之间; 或者可以将磷涂层嵌在分立光学装置的材料里; 或者, 形成磷层的其它实施例。在第一种情况下, 来自涂覆有磷的 LED 的所有光线都可被发送到光导。在第二种情况中, 可以将来自 LED 的所有的光线都发送到磷层, 并且可以重复利用从磷层向回散射的光线。在第三种情况中, 在一个方向上从磷所散射的光被重复利用而返回, 在另一个方向上从磷所散射的光被折射而回到光导。其它的实施例提供用于捕获并重复利用从磷所散射的光的相似的机会。

[0115] 分立光学装置实施例的另一潜在应用是被用作蜂窝式电话摄像头闪光灯。该系统典型地使用具有高斯能量分布的 LED, 其在图像以及边缘黑暗区域的中心产生非常亮的区域, 从而导致对目标物的不均匀的照明。另外, 该闪光灯单元的光束形状是圆形的, 然而由 CCD 摄像头所拍摄的图像是矩形的。另外, 对于以大于临界角的角度到达界面的出射光线, 封装到空气的界面处的折射率的改变产生了 TIR 条件。这导致界面处的损耗, 该损耗是出射立体角的函数。另一方面, 根据本发明实施例的分立光学装置可以发送矩形或正方形的闪光, 将来自 LED 由分立光学装置所接收的 95% 的光以均匀的分布提供到图像区域。这实现了来自与传统系统中所使用的相同的 LED 的更均匀的场景照明和更高程度的照明。

[0116] 根据本发明的实施例的分立光学装置的另一潜在应用是用于液晶显示器 (“LCD”, ) 背光。传统的 LCD 系统使用线阵列的红、绿、蓝色 LED。将来自 LED 的光引导到混合光导, 以使颜色和强度均匀。典型地, LED 具有置于其上方的圆顶, 并且光被椭圆反射

器捕获,以将光引导到光导。虽然对于点光源来说椭圆反射器运行良好,但是 LED 不是点光源,并且有些光线将不会到达光导中的焦点(大约损耗 20% 的光)。另外,由于来自圆顶封装的一些光以大于 180 度的角度发射,所以有些光(同样大约 20%)被衬底、PCB 板和其它器件吸收。另外,因为相对于圆顶内的空腔的尺寸来说圆顶很大,所以一定百分比的光典型地被折射(典型地,大约 10%)。虽然所有这些损耗都相对较小,但是它们是相乘的。因此,只有从 LED 原始所发射的大约 57% 的光实际到达光导。

[0117] 另一方面,根据本发明实施例的分立光学装置可以以期望的锥角将从 LED(例如,红、绿、蓝色 LED)所接收的最多 96% 的光提供到光导(假定大约 4% 的菲涅耳损耗)。因此,可以使用较低功率的 LED 获得与现有系统可得到的效果相同的效果,或者可以在相同的功率消耗水平发送更多的光。确实,在一些实施例中,可能不需要光导,具有分立光学装置的 LED 阵列可以直接用于 LCD 背光。

[0118] 如本领域所已知,为了照明(例如,用于 LCD 或其它应用),可以使用红、绿、蓝色 LED 以产生白色或其它的彩色平衡光。可以使用 LED(例如,一个红色的,一个蓝色的,和两个绿色的,或其它组合)阵列以及相应的分立光学装置来产生用于照明的白光或彩色平衡光。根据其它实施例,可以将单个分立光学装置耦接到多个 LED 的阵列,以产生白光。例如,可以将单个分立光学装置用于具有一个红色、一个蓝色、两个绿色 LED 的紧密间隔阵列,以产生白光和彩色平衡光。

[0119] 根据本发明的各种实施例的分立光学装置的另一潜在应用为用于汽车头灯、闪光灯和其它装置。可以选择分立光学装置的各种参数,以提供期望的投影锥和光束特性。

[0120] 图 9 是分立光学装置 400 的另一实施例的图形表示,其中分立光学装置 400 沿着 LED 405 的侧面向下延伸,LED 405 安装在分立光学装置 400 的底部处所设定的空腔或空的体积空间中。向下延伸到全部或部分的 LED 侧面的优点是本来由于 LED 蓝宝石层 415 的 TIR 而会在蓝宝石 / 空气界面处被损耗的光线现在可以进入分立光学装置 400。如上所述,可以通过分立光学装置 400 的侧壁将这些光线反射到出射面 420(例如,通过将侧壁成形为导致 TIR)。当 LED 405 的侧面也变成发光面,可以考虑除 LED 405 的上表面以外的侧面,来计算分立光学装置 400 的  $A_1$  和  $A_2$ (即, $A_1$  将包括入射面 430、435、440 和其它入射面(未示出)的表面积)。根据其它的实施例,可以简单地认为  $A_1$  为入射面 430,计算  $A_2$  的大小,然后考虑其余进入入射面 435、440 和其它入射面的光而对其进行细微的调整。

[0121] 可以使用具有与分立光学装置 400 相似或相同的 IOR 的聚合物或其它材料,来将分立光学装置 400 耦接到 LED 405。当将分立光学装置 400 置于 LED 405 的上方时,聚合物或其它材料可以用于完全填充分立光学装置 400 和 LED 405 之间的空气间隔。如果多余的材料从分立光学装置 400 和 LED 405 之间的结合处被挤压出来,则可以在其仍然流动的时候除去这些材料,以维持分立光学装置 400 的光导侧壁表面的形状。

[0122] 分立光学装置 400 可以大体上大于 LED 405。因此,可能需要额外的支撑,以确保其抗振动、抖动和外力。因此,机械附着装置 443(例如,注塑的、金属的或其它材料的)可以接触出射面 420 或分立光学装置 400 的其它部分,并将其附着到支撑结构 445 或 PCB 板,以产生使分立光学装置 400 相对于 LED 405 固定的法向力。通过附着装置 443 和出射面 420 之间的摩擦力或者附着装置 443 和分立光学装置 400 之间的其它力,可以防止侧向运动。优选地,附着装置 443 具有与分立光学装置 400 相同的 IOR,使得从分立光学装置 400 出射的

光 线不会因为它们穿过了附着装置 400 而偏离。在一实施例中,分立光学装置 400 和附着装置 443 可以是一个整体,但在其它实施例中它们可以是分离的并具有不同的 IOR。如果附着装置 443 和分立光学装置 400 是分离的,则它们可以包括诸如凸块或隆起部的互锁定位部件,用于更安全更精确地对准装置。除连接外,或代替连接,可以使用附着装置 443。附着装置 443 可以包括被从出射面 420 出射的光穿过的诸如透镜、材料层或其它面的面 446。因此,附着装置可以额外地用于成形或进一步限制输出光束。虽然在图 9(其示出具有其中安装有 LED 405 的空腔的分立光学装置 400 的一个实施例)中示例性地示出了附着装置 443,但是还可以结合分立光学装置和 LED 的其它实施例使用附着装置 443,包括但不限于图 1 中所示的实施例(即,平底分立光学装置 10 直接耦接到 LED 15)。

[0123] 在某些情况下,期望具有磷(或其它材料层),以从 LED 405 产生白光。根据一实施例,在将分立光学装置 400 置于 LED 405 上方之前,可以将磷层涂覆在入射面 430、435 和 440 上。根据其它的实施例,可以用磷层涂覆出射面 420,或者嵌在分立光学装置 400 的任意平面内,或者如上所述,磷层可以是附着装置 443 的一部分。根据又一实施例,磷层可以在分立光学装置 400 的外面,而出射面 420 和磷层之间具有空气隙。在这种情况下,可以设计分立光学装置 400 的侧壁,使得从磷层散射回的光重新进入分立光学装置 400,并且部分或全部地被重新利用。

[0124] 在其它情况下,磷可以在连接聚合物中。分立光学装置 400 可以具有从入射面 430 到出射面 420 的通道 450。可以将分立光学装置 400 置于 LED 405 上方,使它们之间具有可注入一定量的材料的足够的空间。可以通过流动通道 450 将诸如注入了磷的聚合物的材料注入,以将分立光学装置 400 连接到 LED 405。然后可以将透明(clear)的聚合物或与用于分立光学装置 400 的主体的材料相似的材料注入到流动通道 450 中,以使分立光学装置 400 坚固(即,填充流动通道 450)。

[0125] 如上所述,虽然可以将分立光学装置(例如,分立光学装置 10 和分立光学装置 400)的侧壁成形为使得入射到侧壁内表面上的光由于 TIR 被反射到出射面,但是,其它的实施例可以依赖于反射器的反射。图 10 是耦接到 LED 505 的分立光学装置 500 的一实施例的图形表示。分立光学装置 500 包括出射面 520 和入射面 530。在图 10 的例子中,分立光学装置 500 的侧壁(例如,侧壁 540 和侧壁 545)可以包括反射涂覆层 550,反射涂覆层 550 可以由诸如镍或铝的任何合适的反射性材料组成。可以选择侧壁形状,以依赖来自反射涂覆层 550 的反射来将入射在侧壁上的所有或大多数光线反射到出射面 520。虽然可能存在一些由于吸收而引起的损耗(使用 TIR 则该损耗将不会发生),但是从制造的观点来看,反射涂覆层的使用可以降低复杂性。另外,使用反射面消除了使光线以大于临界角的角度入射到侧壁的需要,使得在侧壁形状的设计上有更大的自由。

[0126] 在一些应用中,可以使用堆叠的分立光学装置,图 11 是包括分立光学装置 560 和分立光学装置 565 的堆叠式分立光学装置的一实施例的图形表示。根据一实施例,可以将磷(或如前所述的其它材料)层布置在分立光学装置 560 的出射面和分立光学装置 565 的入射面之间。磷层 570 可以包括例如嵌有磷的聚合物材料层。聚合物材料可以延伸超过分立光学装置 560 的出射面的边缘,并包括可以附着到 PCB、支撑衬底或其它基底的附着机构(例如,支柱或其它机构)。在这种情况下,诸如以上所述,聚合物材料层是附着装置的一部分。在其它的实施例中,可以将其它类型的材料或者不将任何材料布置在分立光学装置之

间。

[0127] 根据一实施例，分立光学装置 560 可以具有较高的 IOR，分立光学装置 565 可以具有较低的 IOR，或者相反。在其它的实施例中，分立光学装置 565 和分立光学装置 560 可以具有相同的 IOR。

[0128] 图 12 是分立光学装置 600 的另一实施例的图形表示。对于分立光学装置 600 来说，高度（入射面 605 和出射面 610 之间的距离）依赖于该点的横截面的斜角  $\theta_s$  而变化。 $\theta_s = 0$  对应于从一边的中点到相对边的中点横切分立光学装置的横截面。它被表示为 620，而 45 度 斜角被表示为 622。根据一实施例，正方形分立光学装置的最大的高度（例如，如上所述被确定）发生在  $\theta_s = 45+/-n * 90$  度的横截面处，其中 n 为整数。换而言之，最大的高度发生在对角线处（被表示为 622）。最小高度发生在  $\theta_s = 0+/-n * 90$  度处。还可以形成高度可变分立光学装置的其它实施例。

[0129] 分立光学装置可以以多种方式形成。例如，可以使包括限定了空腔的侧壁和端面的部分完成的分立光学装置的阵列塑造在连续阵列中（例如，看起来与装蛋箱相似）。这可以通过例如注模来完成。然后可以将该阵列置于对应的 LED 阵列的上方，并用介电材料填充空腔内的体积空间。可选地，阵列的侧壁可以涂覆有反射材料。在另一实施例中，可以通过热塑性板的真空成型、金属板（其可以是完成后的分立光学装置的反射涂覆层）的拉延模成型或者本领域已知或已开发出来的其它合适的方法，来形成阵列。同样，可将该阵列置于对应的 LED 的上方，并使用介电材料填充空腔，以完成分立光学装置。

[0130] 在上述实施例中，分立光学装置塑造在 LED 的上面，但是与 LED 分离。在其它的实施例中，可以使用传统的注模或其它技术，与 LED 相分开地预注模分立光学装置。在这种情况下，分立光学装置可以包括空腔以容纳 LED。如上所述，LED 和分立光学装置可以使用聚合物或其它连接剂连接在一起，可以使用附着装置保持在一起，或者相反可以以彼此可操作的关系布置。

[0131] 虽然已经参考特定实施例对本发明进行了说明，但是应该理解为这些实施例是示例性的，本发明的范围并不限于这些实施例。对上述实施例进行的许多变形、修改、增加和改进是可能的。例如，所提供的各种范围和尺寸是以示例的方式来提供的，根据本发明的光学装置使用其它尺寸在其它范围内是可操作的。可以预期的是，这些变形、修改、增加和改进都落入如所附权利要求所详述的本发明的范围之内。

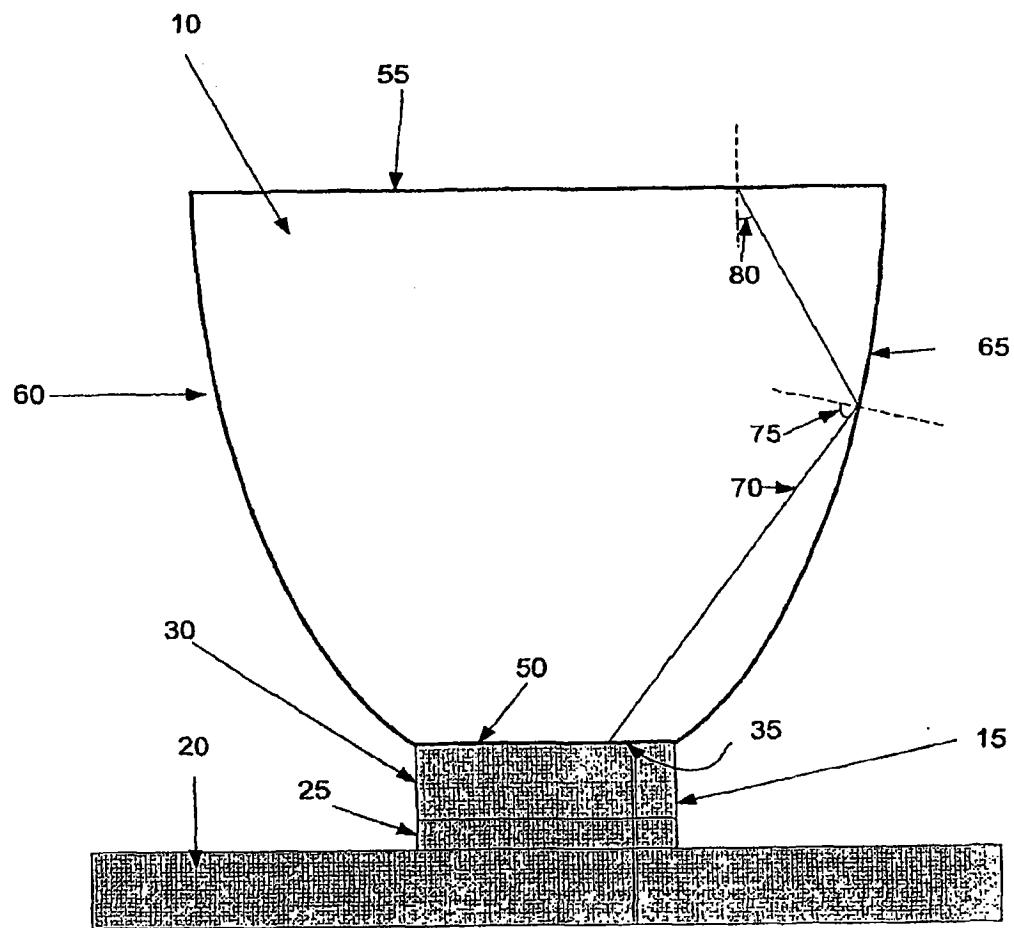


图 1

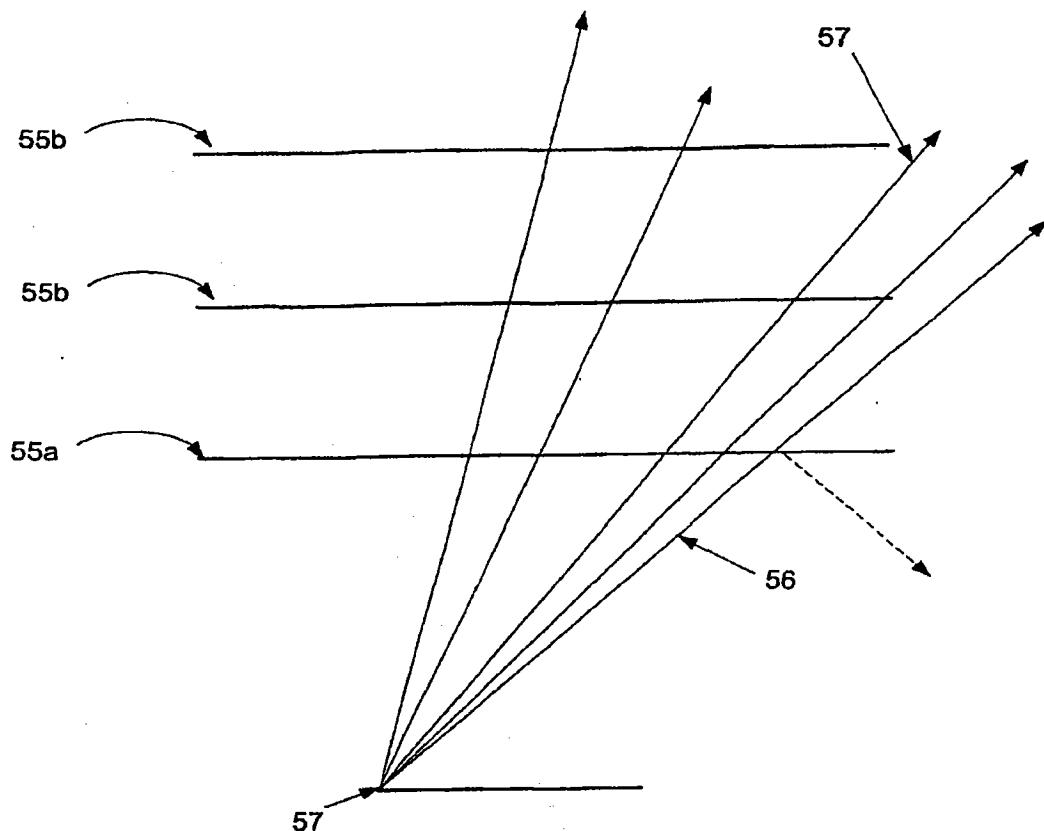


图 2

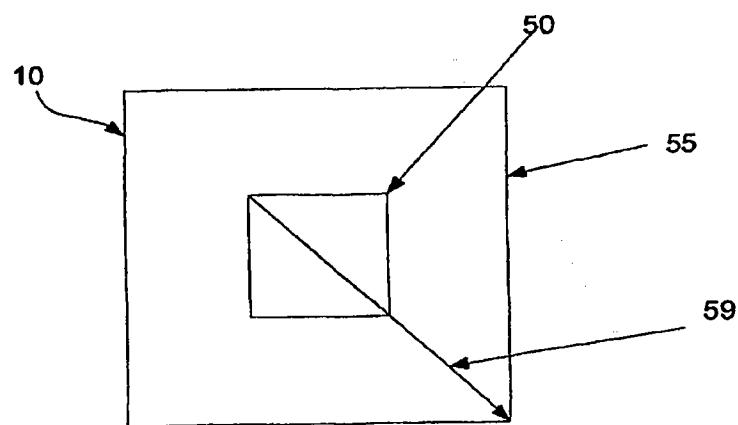


图 3

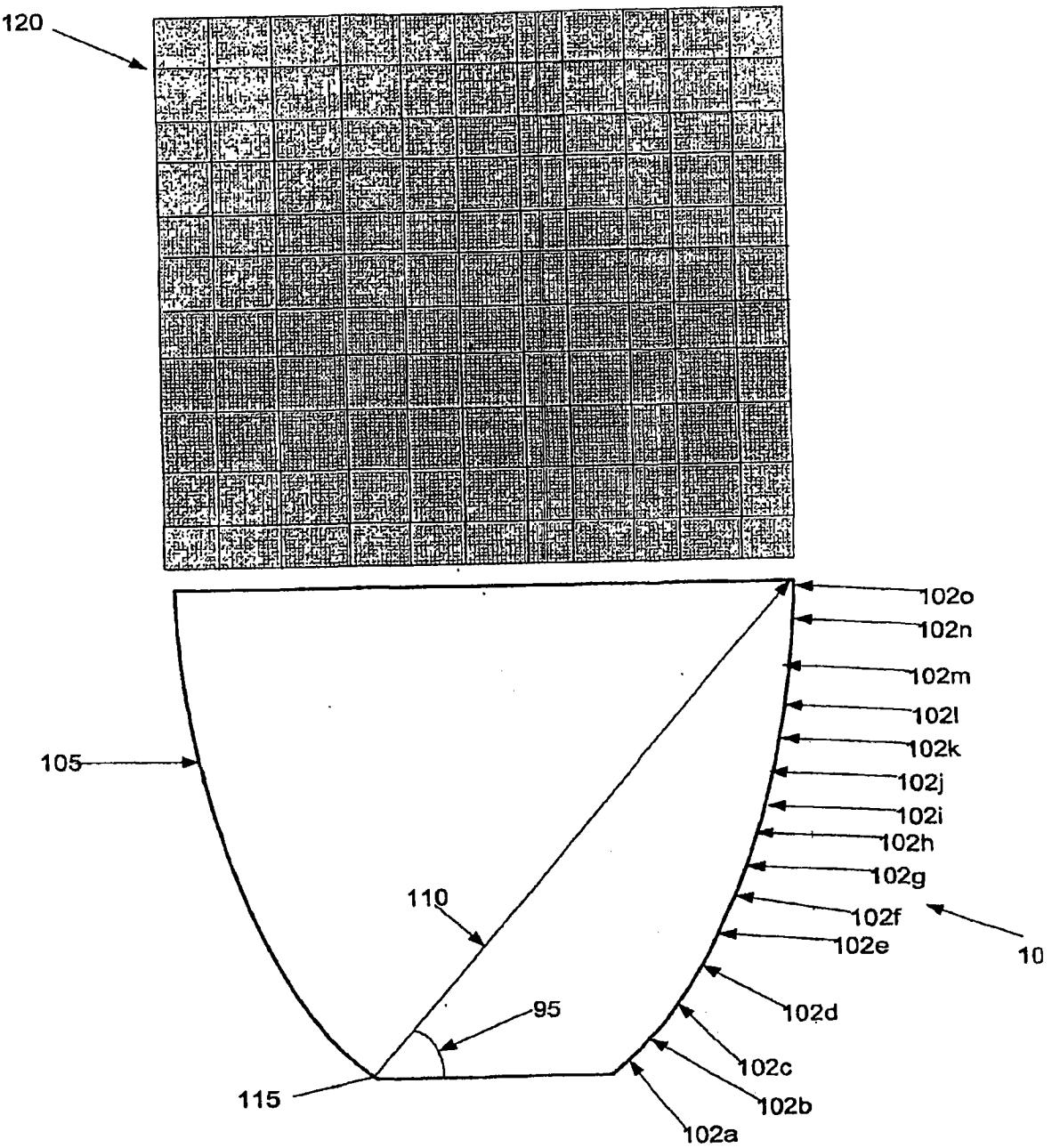


图 4A

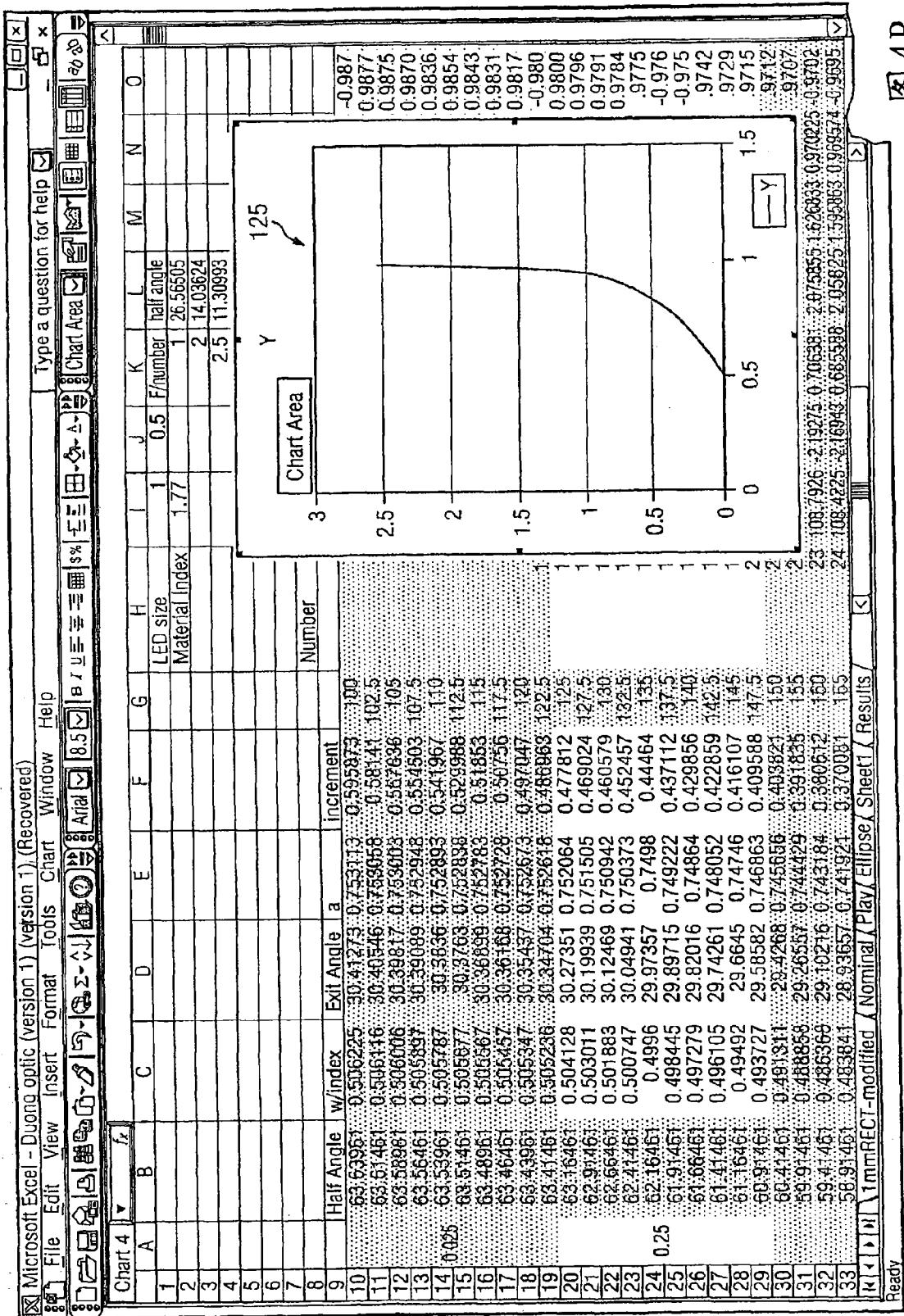


图 4B

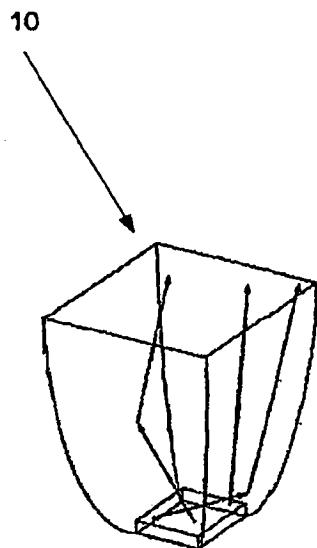


图 4C

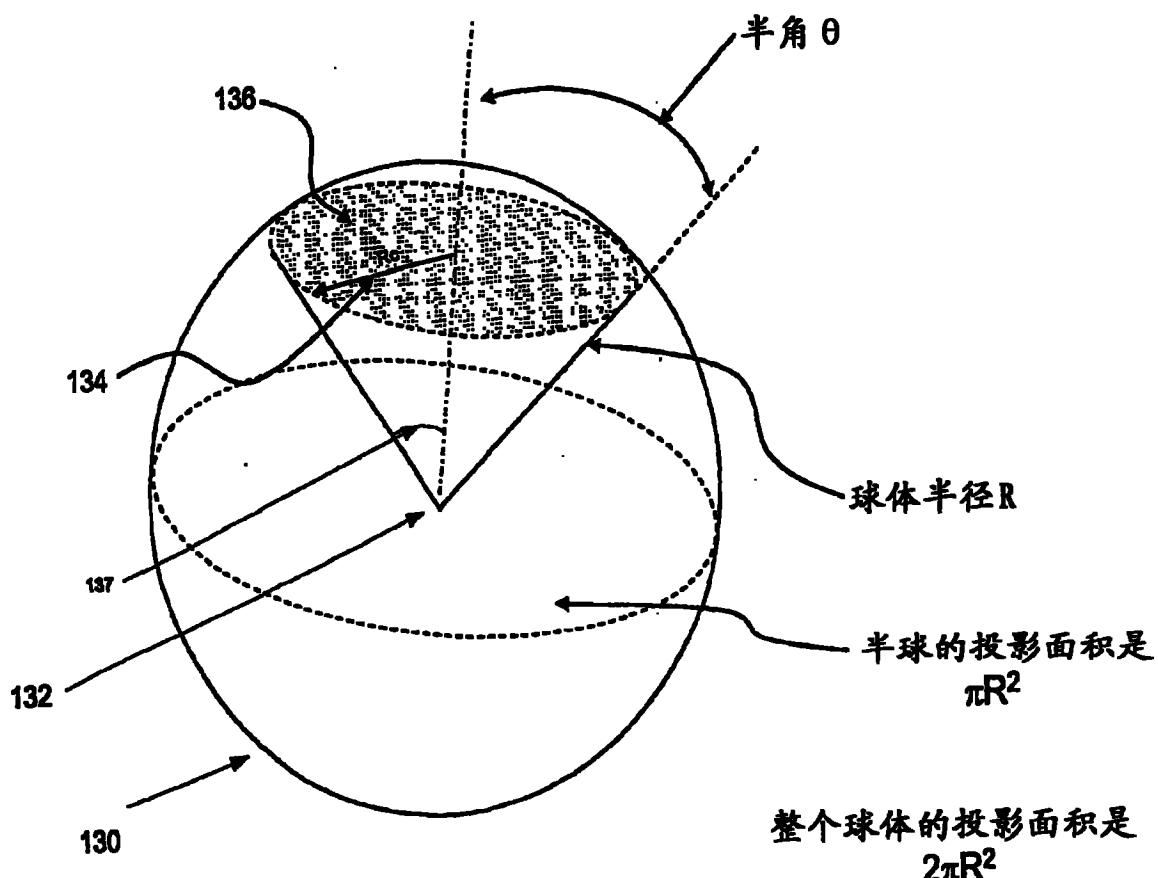


图 5

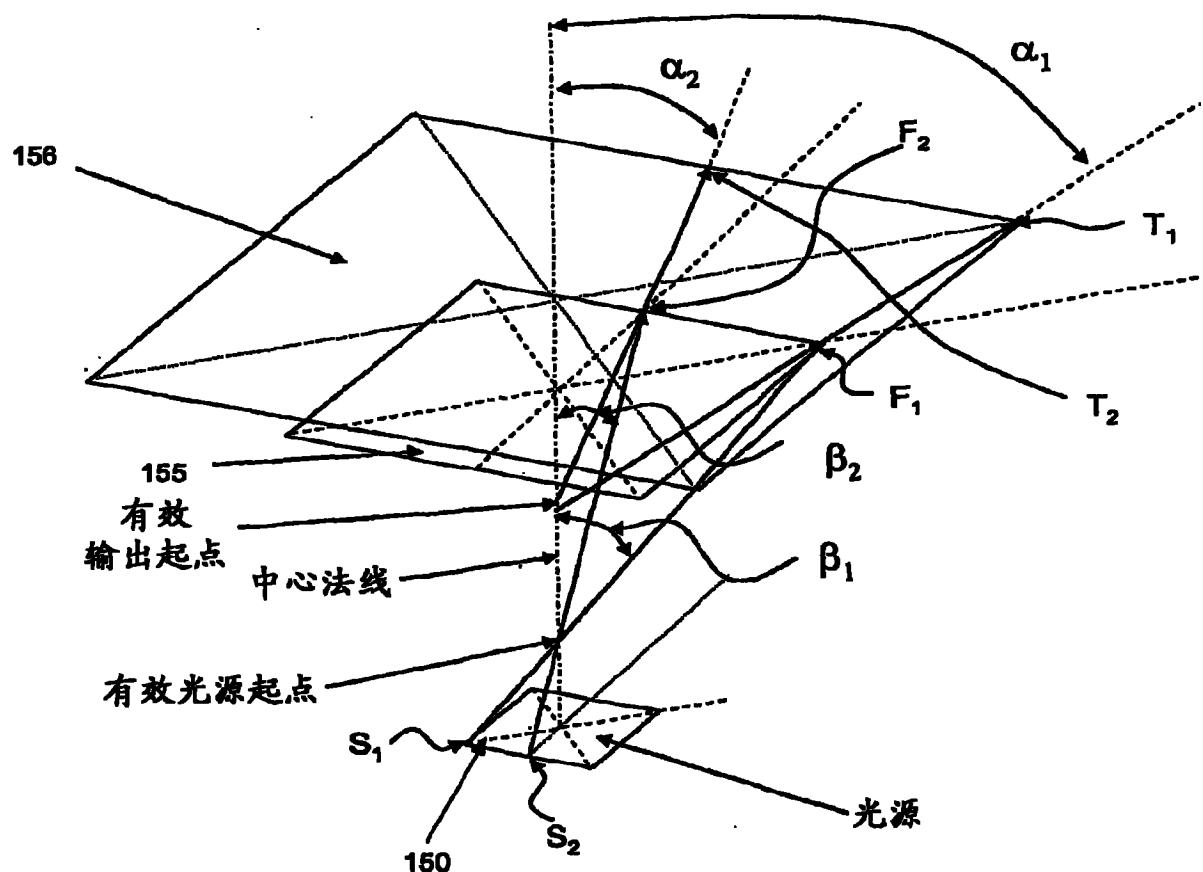


图 6A

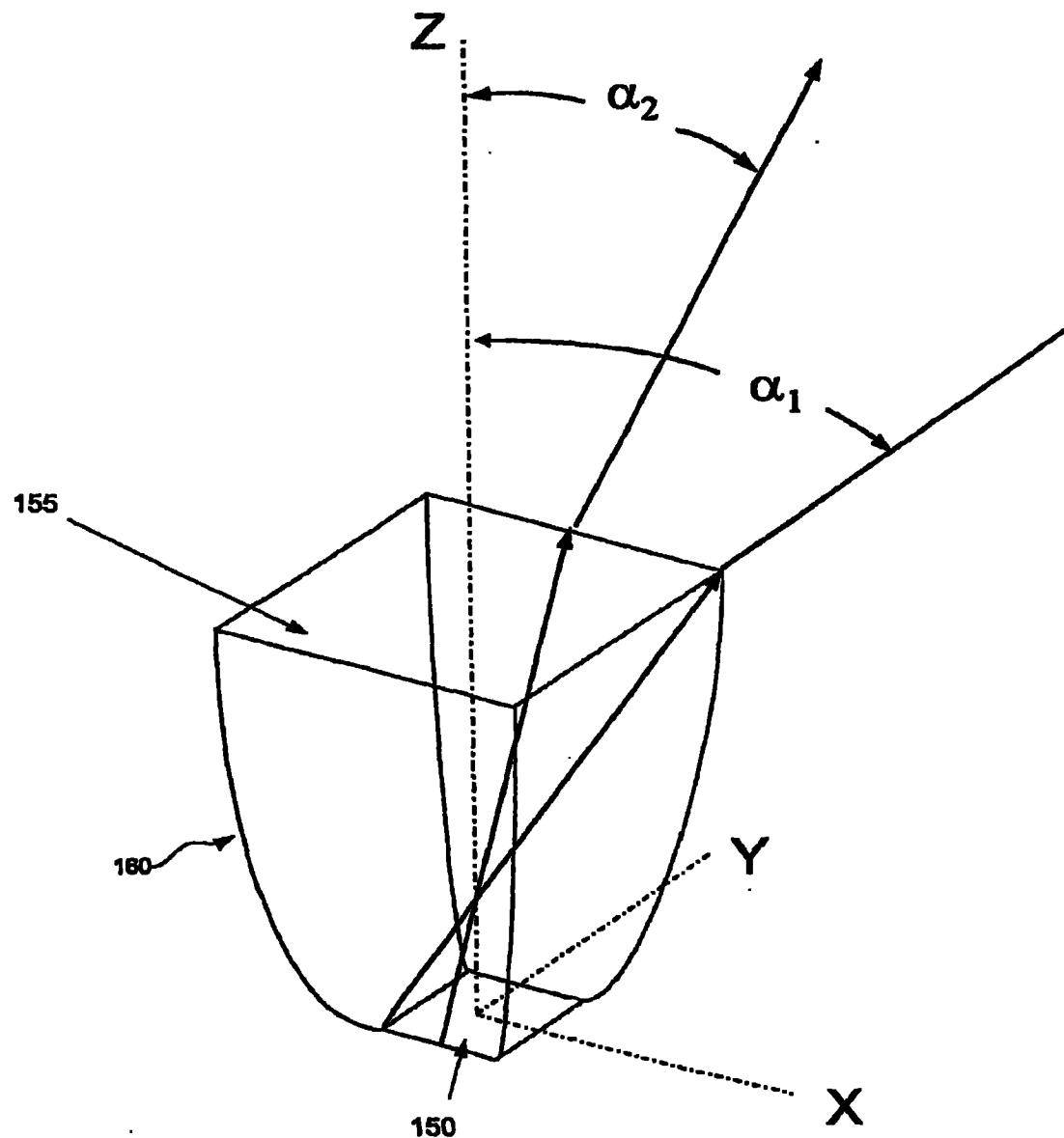


图 6B

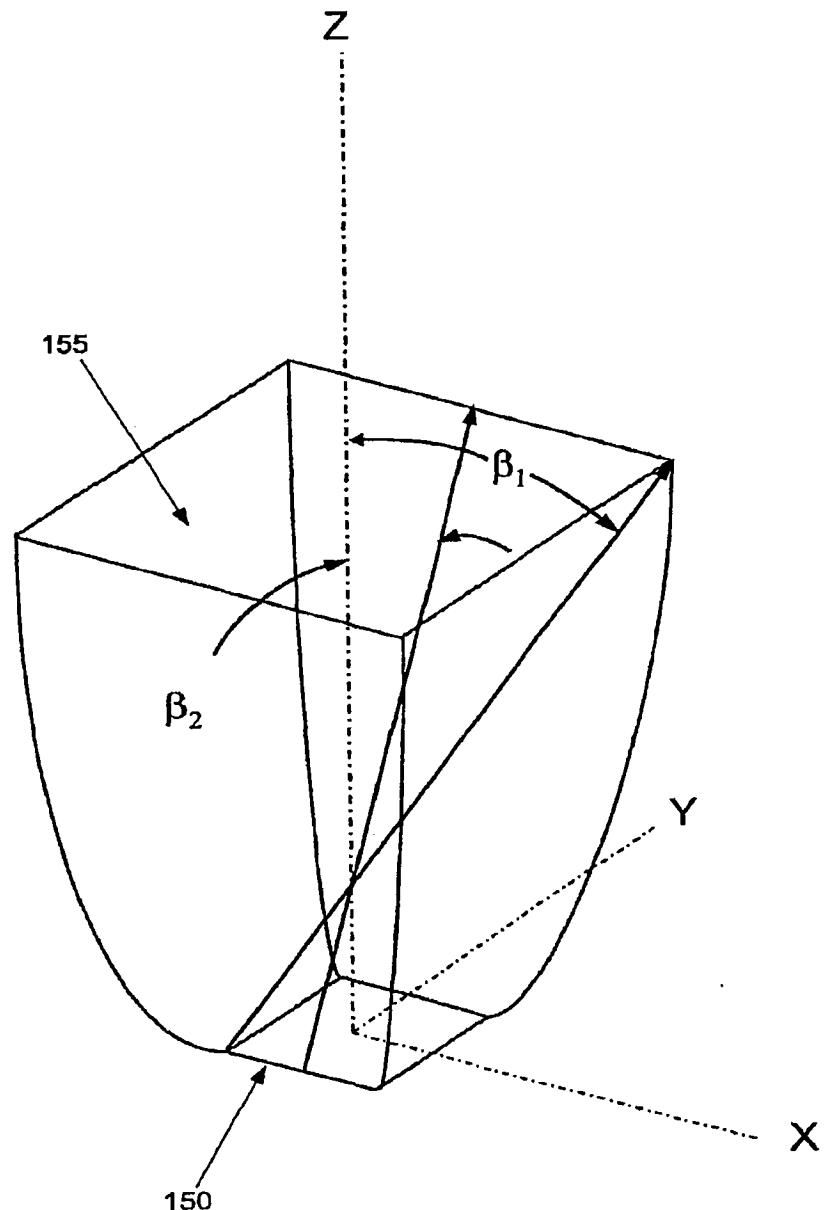


图 6C

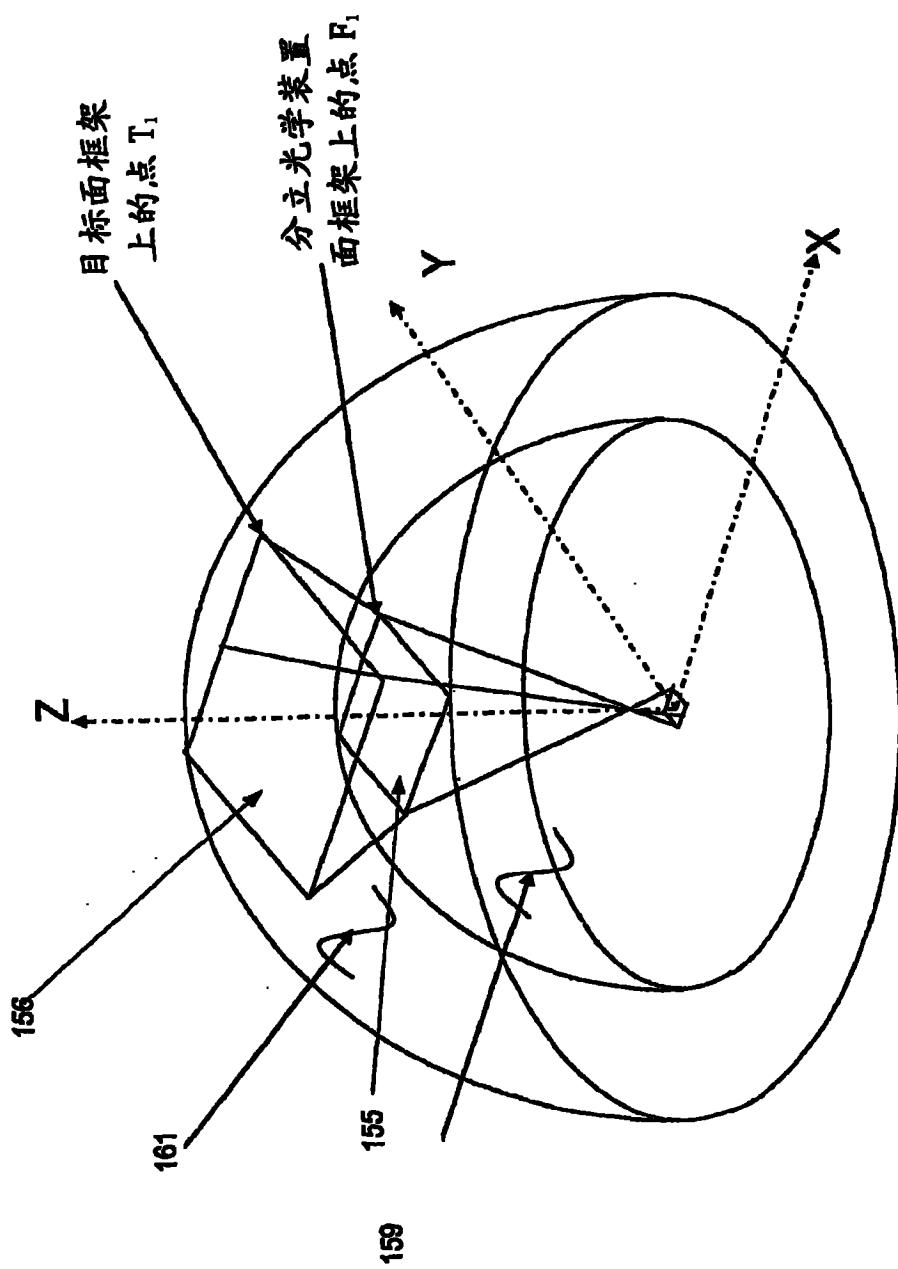
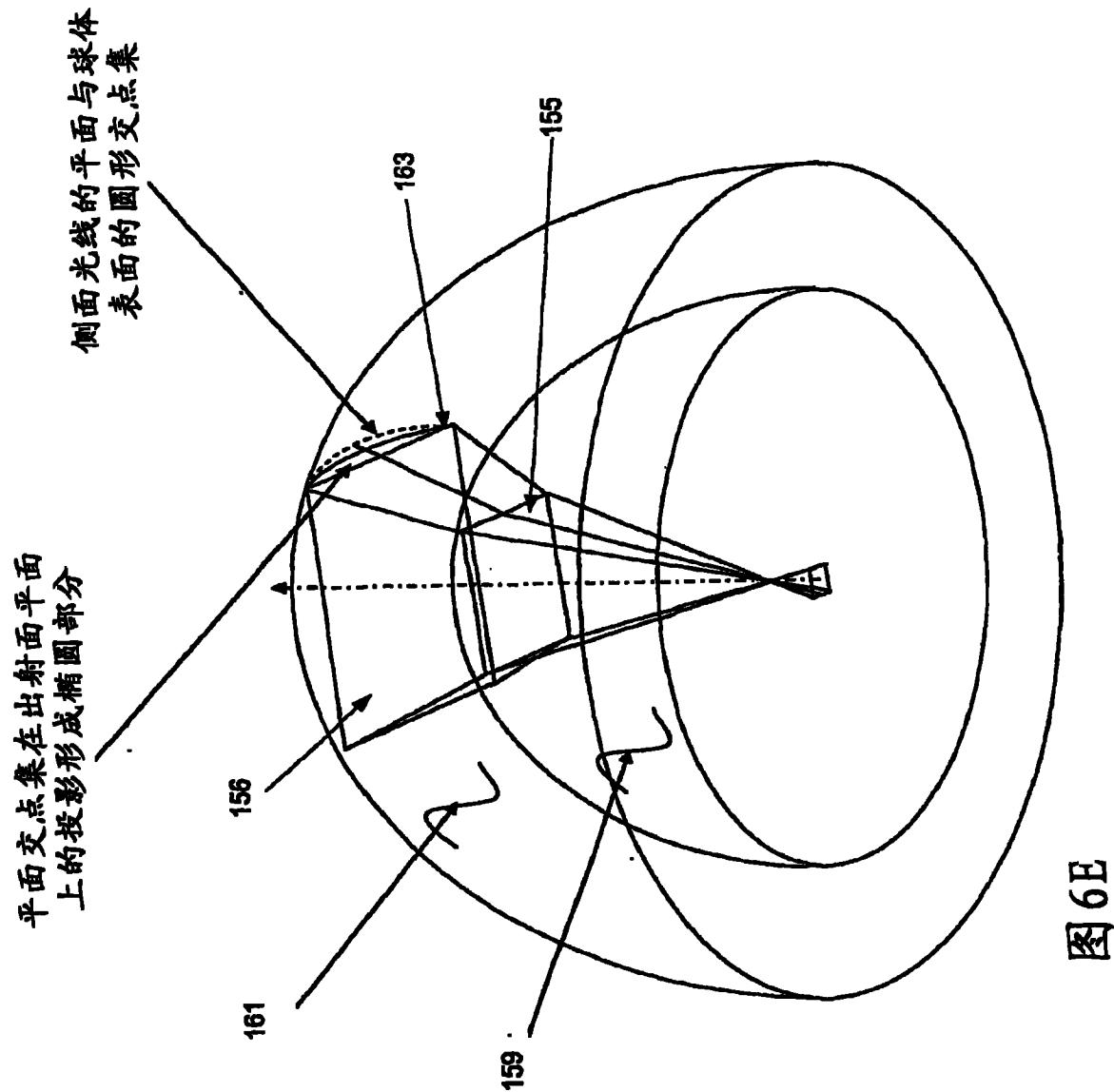


图 6D



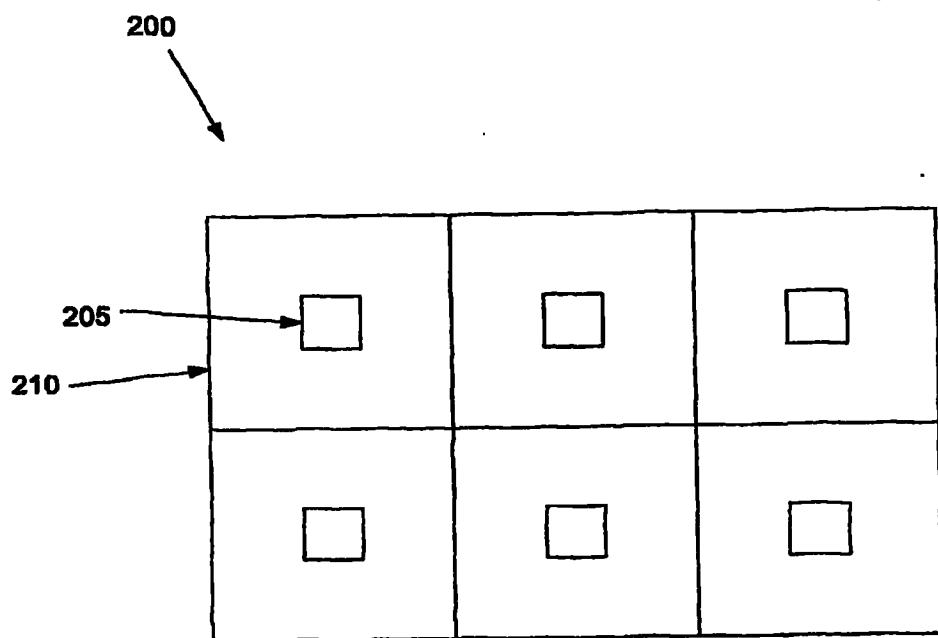


图 7

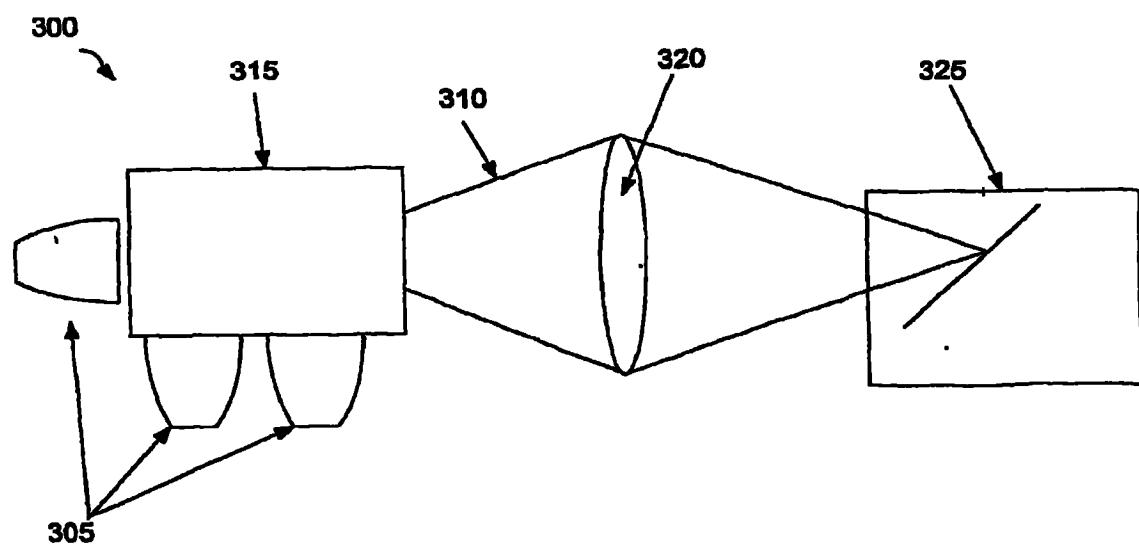


图 8

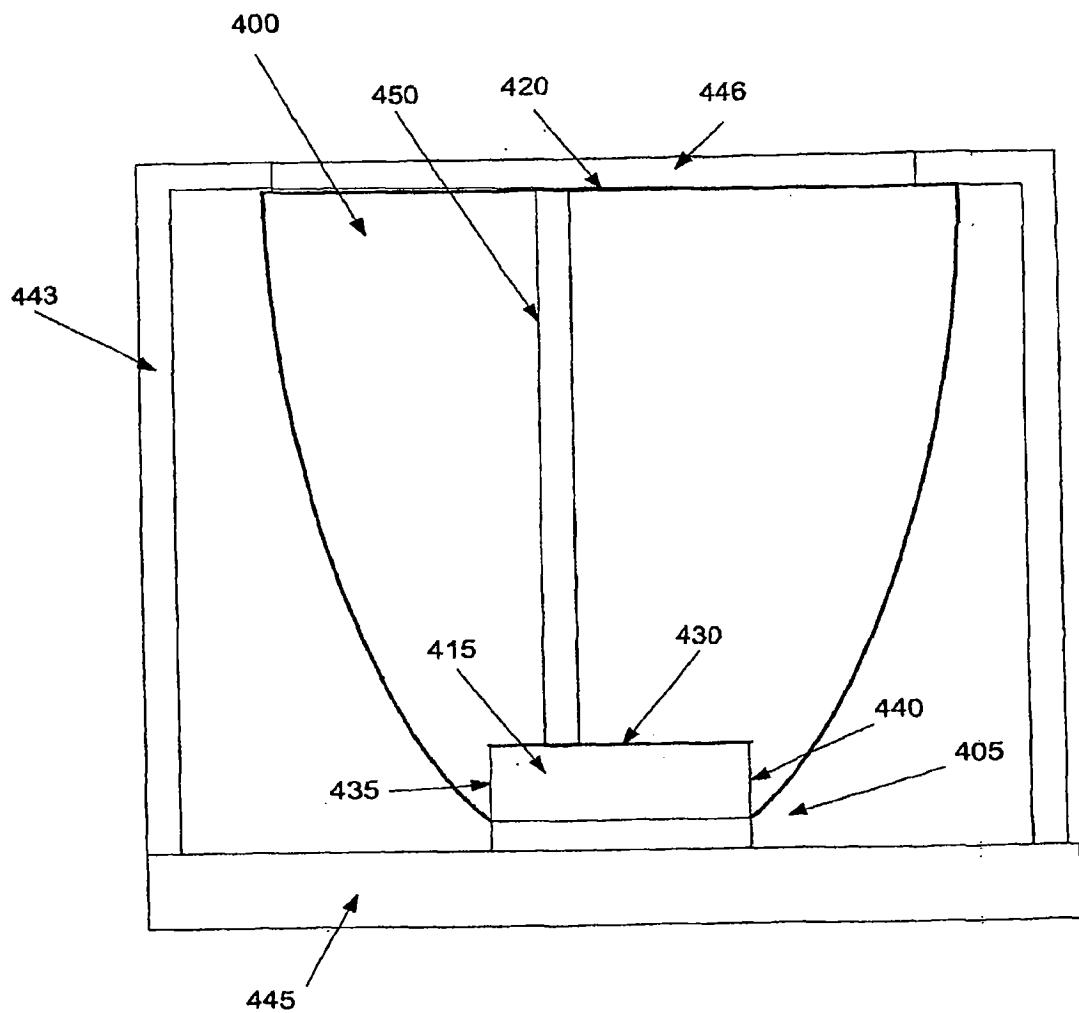


图 9

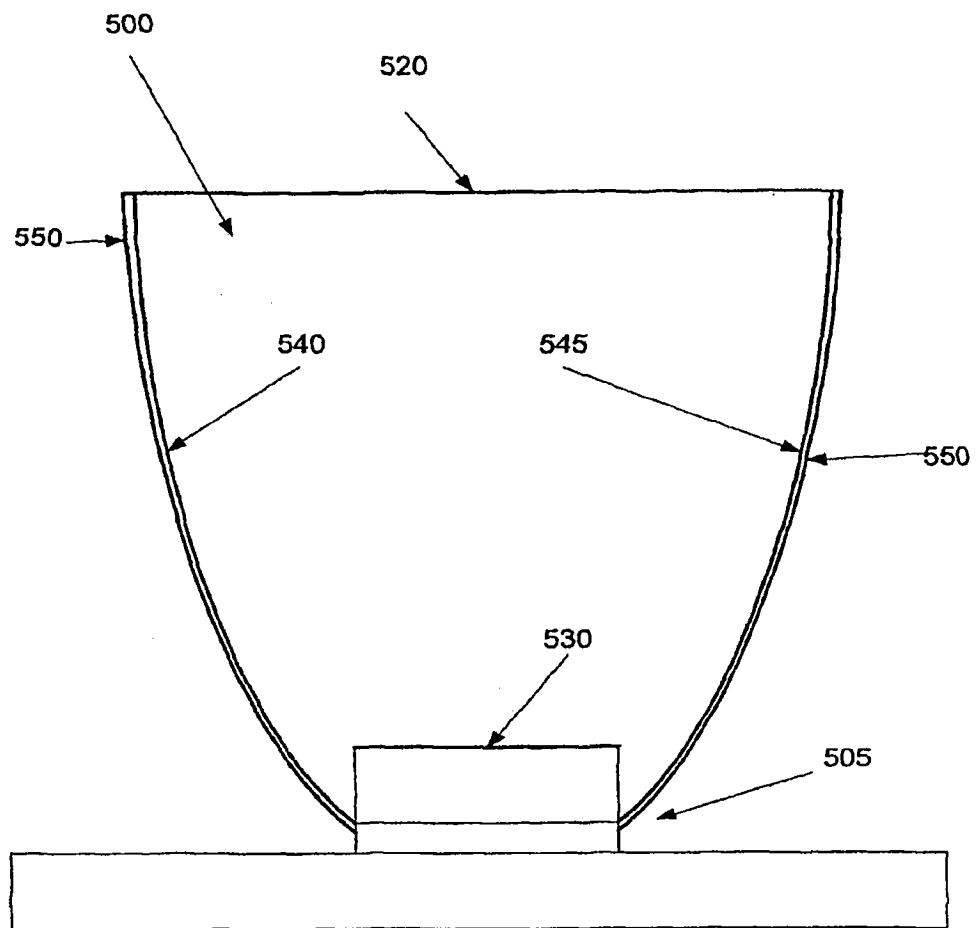


图 10

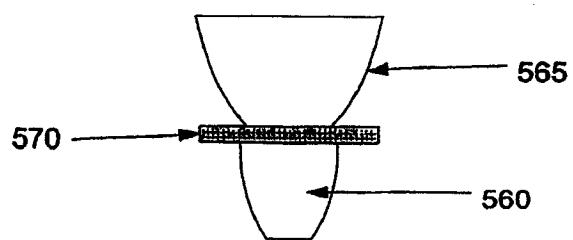


图 11

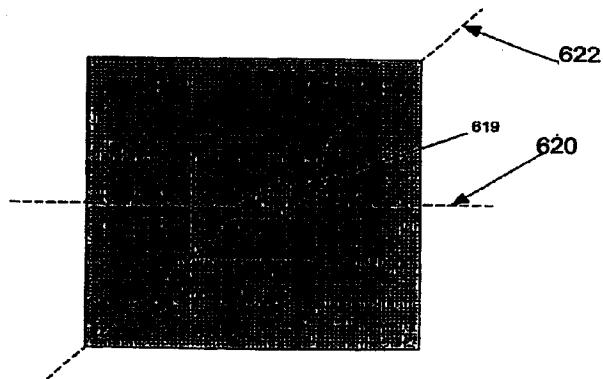
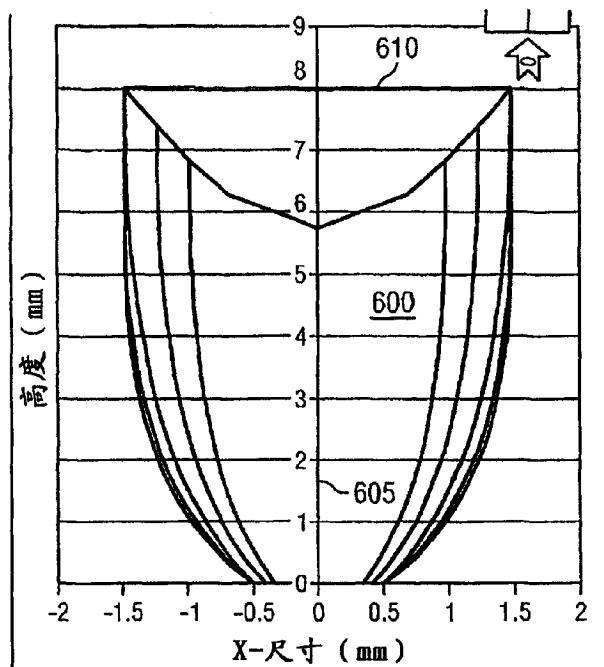


图 12