

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G02B 6/32

F21V 7/04

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98814180.9

[43] 公开日 2001 年 7 月 11 日

[11] 公开号 CN 1303486A

[22] 申请日 1998.5.28 [21] 申请号 98814180.9

[86] 国际申请 PCT/US98/08608 1998.5.28

[87] 国际公布 WO99/61945 英 1999.12.2

[85] 进入国家阶段日期 2001.1.31

[71] 申请人 遥控源照明国际公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 A·P·里泽尔 R·F·马蒂斯

J·F·福尔克纳

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

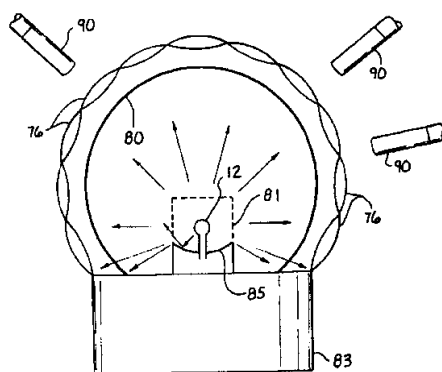
代理人 罗 朋 张志醒

权利要求书 4 页 说明书 14 页 附图页数 10 页

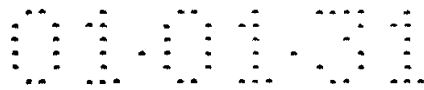
[54] 发明名称 光导的抛物面形和球形多端口照明器

[57] 摘要

本发明系统,用于将来自一个中心光源的光传输到多个遥远位置,其有效地将来自一盏灯,或类似光源的光耦合到许多个可弯曲的大直径光纤上。本发明系统的几种元件的组合导致了光源能量非常有效地传输到光纤。来自灯源的光通过一个热阻挡屏障时被滤过一部分,然后进入一个多端口球形结构,每一个端口连接有一个或多个可弯曲的大直径光纤。在另一个结构中,一个抛物面形曲面反射镜将光反射到一个多聚焦透镜阵列上。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 一种光导照明系统，包括：
一个适合于发射光的照明源；
一个放置在照明源周围的多聚焦透镜结构，每个聚焦透镜适合于
5 从照明源一般地放射状向外的方向上聚焦从照明源的发射来的光；和
一个放置在于照明源和多聚焦透镜结构之间的热阻挡屏障。
2. 如权利要求 1 所述的光学纤维照明系统，聚焦透镜结构由塑料制成。
3. 如权利要求 1 所述的光导照明系统，聚焦透镜结构由铸模塑料
10 制成。
4. 如权利要求 1 所述的光导照明系统，聚焦透镜结构包括一个放置在照明源周围的多聚焦透镜球形结构，和
热阻挡屏障，其由放置在照明源周围的位于照明源和聚焦透镜结构之间的一个球形结构组成。
- 15 5. 如权利要求 4 所述的光导照明系统，该热阻挡屏障由玻璃制成。
6. 如权利要求 1 所述的光导照明系统，该照明源由一个硫磺灯组成的；
7. 如权利要求 1 所述的光导照明系统，还包括多个均化棒，每一个聚焦透镜适合于将光聚焦到多个均化棒中相应的一个均化棒中。
- 20 8. 如权利要求 7 所述的光导照明系统，每一个聚焦透镜包括一个传递透镜。
9. 如权利要求 8 所述的光导照明系统，还包括多个聚光器透镜，多个传递透镜中的每一个适合于将光聚焦到一个相对应的聚光器透镜上。
- 25 10. 一个球形光导照明系统，包括：
一个照明源，它有一个近端部分，一个远端部分，和位于近端部分和远端部分之间的一个中间部分；
一个曲面型反射镜，其安放于靠近照明源近端部分的；
一个热阻挡屏障，通常放置在照明源远端部分和照明源的中间部
30 分周围；
一个半球形多聚焦透镜阵列，通常放置在热阻挡屏障周围，每个聚焦透镜适合于从照明源一般地放射状向外的方向上聚焦从照明源

的发射来的光，曲面型反射镜，热阻挡屏障，和半球形多聚焦透镜阵列实质上一起围绕着照明源，曲面型反射镜适合于改变近端的光的方向而使光到达热阻挡屏障和半球形多聚焦透镜阵列上。

5 11. 如权利要求 10 所述的球形光导照明系统，照明源由一个 1000 瓦的硫磺灯组成。

12. 如权利要求 11 所述的球形光导照明系统，还包括围绕在照明源远端部分和中间部分的一个金属笼，和
具有一个一般圆周线的曲面型反射镜。

10 13. 一个透镜组合，包括多塑料透镜组，多塑料透镜组中的每一组形成在其内的多聚焦透镜，多塑料透镜组实质上适合于安装在一个照明源周围。

14. 如权利要求 13 所述的透镜组合，多塑料透镜组中的每一组是径向弯曲的，和

15 多塑料透镜组适合于互相接触并安装在一个照明源周围，因而实质上围绕着照明源。

15. 如权利要求 14 所述的透镜组合，多塑料透镜组适合于互相接触并安装在一个热阻挡屏障周围，该热阻挡屏障围绕照明源放置。

16. 如权利要求 15 所述的透镜组合，多塑料透镜组适合于在两个塑料透镜组之间保留至少一个空气间隙。

20 17. 如权利要求 15 所述的透镜组合，该透镜组合包括一个多侧面透镜组和一个顶端透镜组。

18. 一个光导照明系统，包括：

一个适合于发射光的照明源；

25 一个具有抛物面形弯曲表面的反射镜，其适合于接收来自照明源的光，然后改变接收光的方向；和

一个多个聚焦透镜，其适合于接收来自照明源和反射镜的光。

19. 如权利要求 18 所述的光导照明系统，每一个聚焦透镜安置在距照明源大约相等半径之处。

30 20. 如权利要求 18 所述的光导照明系统，多聚焦透镜包括多个传递透镜，多个传递透镜适合于接收来自反射镜的光，并且光导照明系统还包括适合于接收来自传递透镜的光的多个聚光器透镜。

21. 如权利要求 20 所述的光导照明系统，该反射镜具有一个圆周

界，和

多个传递透镜具有一个一般圆周界，它与反射镜的圆周界大小近似相同。

22. 如权利要求 18 所述的光导照明系统，照明源适合于安放在反射镜的一个焦点上。

23. 如权利要求 22 所述的光导照明系统，还包括一个支架以固定位于反射镜的一个焦点上的照明源。

24. 如权利要求 18 所述的光导照明系统，该反射镜包括以背靠背的方式放置在一起两个抛物面形弯曲表面，和

10 适合于安放在两个抛物面形弯曲表面之间的一个焦点上的照明源。

25. 一个光导照明系统，包括：

一个适合于发射光的照明源；

15 一个反射镜，具有一个曲面和一个输出端，该曲面适合于将来自照明源的光反射到输出端之外；和

一个多聚焦透镜，其放置于输出端附近，多聚焦透镜中的每一个适合于接收来自反射镜的光。

26. 如权利要求 25 所述的光导照明系统，该反射镜具有一个抛物面形曲面，适合于将光聚焦到多聚焦透镜上。

20 27. 如权利要求 26 所述的光导照明系统，多聚焦透镜包括多个传递透镜，和光导照明系统还包括适合于接收来自多个传递透镜的光的多个聚光器透镜。

28. 如权利要求 27 所述的光导照明系统，该反射镜具有一个输出端，其有一个围绕输出端开口确定的第一周长，和

25 形成第二周长的多个传递透镜，它实质上与第一周长大小相同。

29. 如权利要求 28 所述的光导照明系统，每一个聚焦透镜安置在以照明源为中心的一个大约相等的径向距离上。

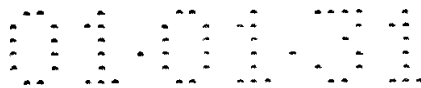
30. 如权利要求 28 所述的光导照明系统，第一周长确定了一个大体上的圆面积，和

30 第二周长确定了一个大体上的圆面积。

31. 如权利要求 25 所述的光导照明系统，该反射镜包括以背靠背的方式放置在一起的两个抛物面形弯曲表面，和

010101

适合于安放在两个抛物面形弯曲表面之间的一个焦点处的照明源。



说明书

光导的抛物面形和球形多端口照明器

发明背景

5 发明领域

本发明大体上涉及到反射镜，尤其是涉及到用于将来自一个光源的光耦合到一个或更多个光导上的反射镜。

10 相关技术的描述

大直径光学纤维，通常被称为“可弯曲光导”，其在技术上是众所周知的，一般地包括一单个实心核芯光导，该光导被一个包层和一个鞘层或保护层所缠绕。纤芯是光导上用于传输光的部分，通常的直径大约是 2 到 12mm。它由一种非常柔软的，半流体的塑料材料组成，
15 例如 OPTIFLEX[®]，由美国宾西法尼亚州费城的 Rohm & Haas 公司制造。包层通常由聚四氟乙烯（PTFE 或 TEFLON[®]）或类似物组成，而外面的保护层由一种如聚氯乙烯（PVC）的材料制作。与通常用于在相对复杂的控制系统中传输信息的小直径光导不同，这些大直径“光导”通常被应用于难以直接保持照明、危险，或易受破坏场合下的多种照明
20 系统中。实例包括有建筑照明，展览柜，水池和 spas（排除近水的电线），危险材料区（排除对密封照明的需求），和监狱的单人房间。大直径光导只在必须维持单个的中心照明系统的情况下而不是多个独立光源的情况下，特别有优势。

许多现有技术方法是应用反射镜将从照明源发出的光线聚焦到一个或多个光导上。美国专利 5,222,793 号和美国专利号 5,259,056
25 号，二者都属于 Davenport 等，公开了采用单个反射镜组合来照亮光传输元件的照明系统。属于 Saadatmanesh 等的美国专利 5,396,571 号公开了一种多段透镜，其将一条光束的光分成四束独立光，每束光被聚焦到一条单独的光学纤维上。属于 Whitehead 的美国专利号
30 4,912,605 公开了一种安装在两个反射镜之间的电光源，每个反射镜引导光线到一个相应的光导上。属于 Cassarly 等的美国专利号 5,469,337 公开了一种光源和用于将光聚焦至透镜上然后再进入多

个光导的多个曲面型反射镜。基于将光耦合至一束光导的现有技术实践，为了将光耦合至光导上而在现有技术中应用多个反射镜和多段透镜代表了一些进步，尽管这种应用是低效率的，但是因为容易制造和相对的低成本，所以在某些应用中还是需要的。然而，对于将一个光源耦合到多个光导的一个适当而有效率的需求仍然存在。

在很多情况下，对于将一个光源耦合到多个光导的一个适当而有效率的需求是根据所使用的特定光源而改变的。例如，具有高光输出水平的现代无电极灯的光太强了，而不能只耦合到一个或两个光导上，否则会烧坏光导。如果使用一个低效率的耦合，有效的亮度将会降低。这将防止对光导的损伤，但结果是浪费能源，系统运转费用将会过高。更理想的是有效的耦合，这样能够更充分地利用与产生此高光强照明源有关的能源。

现有技术设计存在的另一个缺点与这些设计有关的光学组件数量大。减少任何光学设计组成元件的数量将给在此讨论的照明系统带来好处。

发明概述

本发明有效地将来自一个光源的光，如无电极硫磺灯，由 Fusion Lighting 制造的灯，耦合到许多个可弯曲的大直径光导上，该光导可包括束状光学纤维。这样一个系统被用于将来自一个中心光源的光传输到多个远端位置。本发明系统几种元件的组合导致了光源能量非常有效地传输到光纤。

根据本发明的一个方面，一个光导照明系统包括一个光源，一个多段透镜，和至少一个用于接收光的输出光导。根据本发明，一个光导照明系统包括一个用于发射光的照明源，和一个实际上放置在照明源周围的多聚焦透镜结构，每个聚焦透镜适合于从照明源一般地放射状向外的方向上聚焦从照明源的发射来的光。聚焦透镜的结构形成一个安放在照明源周围的截去顶端的球形结构。和

一个放置在于照明源和多聚焦透镜结构之间的热阻挡屏障。这个热阻挡屏障可以涂上一层红外（IR）和/或紫外（UV）涂层以阻挡从照明源发出的不可见光辐射接触到聚焦透镜。当应用热阻挡屏障时，

聚焦透镜可由塑料制成。

照明源可以包括一个无电极硫磺灯。每个聚焦透镜适合于从照明源一般地放射状向外的方向上聚焦从照明源的发射来的大约相等量光。光导照明系统可以进一步包括多个均化棒。每一个均化棒适合于接收来自一个相应的聚焦透镜的光。可替换地，聚焦透镜包括传递透镜，并且光导照明系统可包括多个聚光器透镜，其适合于接收来自传递透镜的光。

根据本发明的另一个方面，一个球形光学照明系统包括一个照明源，它有一个近端部分，一个远端部分，和位于近端和远端部分之间的一个中间部分。球形光学照明系统还包括一个安放于靠近照明源近端部分的曲面型反射镜，和一个半球形多聚焦透镜，通常放在照明源的远端和中间部分周围。每个聚焦透镜适合于从照明源一般地放射状向外的方向上聚焦从照明源的发射来的光。曲面型反射镜，和半球形聚焦透镜实质上一起围绕着照明源，曲面型反射镜适合于改变近端的光的方向而使光到达聚焦透镜的半球上。照明源可以由一个 1000 瓦的灯泡组成，而曲面型反射镜可以有一个通常圆形的周长。球形光学照明系统还包括一个金属笼，其围绕在照明源远端和中间部分。

根据本发明的另一个方面，一个照明源位于一个抛物面形反射镜的一个焦点处。来自照明源和抛物面形反射镜的光校准后到达多个传递透镜和聚光器透镜上。

仍根据本发明的另一个方面，一个透镜组合包括多个径向弯曲的透镜组。每个径向弯曲透镜组包括排列在那里的多个聚焦透镜。多个透镜组实质上适合于安装在一个照明源的周围。多个透镜组适合于互相接触并安装在一个照明源周围。

透镜组合包括适合于放置在照明源周围的多个侧面透镜组，和适合于放置在照明源上方的一个顶端透镜组。该多个侧面透镜组可以包括五个侧面透镜组。五个侧面透镜组中的每一个包括十二个聚焦透镜，而顶端透镜组可以包括八个聚焦透镜。每个侧面透镜组的十二个聚焦透镜中的每一个由五个边组成。顶端透镜组的八个聚焦透镜中的七个均由四个边组成，而顶端透镜组的八个聚焦透镜中的第八个由七个边组成。

本发明及附加特征和优点可通过参照以下描述并结合附图得到最

好的理解。

附图的简要说明

- 5 图 1a 和 1b 是按照本发明的光学系统的示意性的顶视图；
图 2 是图 1a 所示的灯和四组反射镜的右侧部分的一个放大后的示意图；
图 3 是一个组成图 1a 所示的部分光学系统的多扇区透镜示意性的侧面图；
10 图 4 是图 3 中所示的多扇区透镜的一个底视图；
图 5 是一个按照本发明优选实施例的球形多端口光学照明器和热阻挡屏障的示意图；
图 6 是一个图 5 中所示的球形多端口光学照明器的侧视图；
图 7 是一个按照本发明的球形多端口光学照明器的详细图解；
15 图 8 是一个按照本发明的球形多端口光学照明器的顶视图；
图 9 是一个按照本发明的相对于一个照明源的两个透镜组边缘位置的简图；
图 10 是一个按照本发明的三个透镜组的侧视图；
图 11a-11d 是按照本发明的各个传递透镜的上方平面图；
20 图 11e 是一个按照本发明的一个聚光器透镜的横截面图；
图 12 是一个按照本发明的一个传递透镜和一个聚光器透镜的示意图；
图 13 示出了一个通过图 11e 的聚光器透镜将光聚焦到一个光导上的光强度的三维图；
25 图 14 是通过图 12 的聚光器透镜将光聚焦到一个光导上的光强度的一个三维图；
图 15 是一个按照第二个优选实施例的一个抛物面形反射镜光学系统的示意性顶视图；和
图 16 是一个按照第二个优选实施例的抛物面形反射镜光学系统的一个可替换的实施例的一个双抛物面形反射镜的透视图。
30

优选实施例的详细描述

现在特别参见附图，示出了一个光学系统 10，其包括一个小型光源 12，该小型光源可以包含一个弧光灯或类似光源。该光源 12 位于一个四组曲面型反射镜 14 的焦点中心，反射镜由背靠背方式放置的四个反射镜部分 16、17、18 和 19 组成。在每一个反射镜部分 16-19 中，反射镜的中心或顶端区域已被去除，如图所示。图中可以看到四个反射镜部分 16-19 在交叉点 20-23 处被连接。

光源 12 发射出光，其最好包括一个无电极灯，例如美国巴尔的摩熔融照明公司制造的 Solar 1000TM 硫磺灯。然而，光源 12 可以由发射光的任何常规设备构成。这个 1000 瓦光源 12 通过四组反射镜 14 在四个不同方向被反射，如图 1a 中四个入射线所示，然后通过四个平面反射镜或折迭镜中的每一个偏转大约 90° 角（或任何其它期望的角度）。

图 1a 示出了三个折迭镜 24，24a，和 24b，分别对应于三个反射镜 16，18 和 19。图 1a 中只示出了三个折迭镜 24，24a 和 24b，但是可以用到四个折迭镜，每一个折迭镜对应于反射镜 16-19 中的一个。折迭镜的主要目的是传输由光源 12 产生的热，因此当使用热光源 12 时很有利。这样图 1a 中的每一个折迭镜用于实现把光源 12 的热量传输到远离光源 12 的目的。由于本优选实施例中的 Solar 1000TM 硫磺灯不发热，所以如图 1b 所示的本优选实施例不包含折迭镜。

紫外线（UV）和/或红外线（IR）辐射涂层可以放在出口透镜面 32 上，最好是用在不使用折迭镜 24 时的直线状实施例中。作为透镜面 32 涂层的另一种可替换形式，可以使用热镜 24'（图 1b）来反射紫外线和红外线。这些热镜 24' 可以安放在光源和输出光导之间的任何阶段上，此外可以安放在垂直或偏轴方向上。每一个聚焦的光束射到对应的一个圆形均化棒 28，28a，28b，和 28c 的一个透镜端。这四个圆形均化棒 28，28a，28b，和 28c 均由一种透明材料组成，例如玻璃或透明塑料，适合于通过均化棒内的多次反射而组合光束。在本发明的另一个实施例中，可以不用均化棒。

如图 1a 所示，在该系统的右侧，或右侧管道 30 上，光束在出口透镜面 32 上从均化棒 28 中射出。然后从均化棒 28 中出来的分散光束通过一个多扇区透镜 36（图 1a，3 和 4）被聚焦并分离成多个分开的聚焦光束。每一个透镜扇区 38（图 4）将光聚集到相应的一个输出

光导 40 的纤芯上。

在常规的光学设计中，在圆形均化棒 28 和多扇区透镜 36 之间很可能需要一个聚焦透镜。然而，本发明的多扇区透镜 36 在常规透镜基础上作了改进，因而不需要一个聚焦透镜。例如，此多扇区透镜 36 比在多扇区透镜 36 和圆形均化棒 28 之间的常规聚焦透镜所需要的尺寸要大一些。换言之，一个常规透镜可以与此多扇区透镜 36 一起使用。

图 1a 中通过四组反射镜 14 聚焦穿过顶端管道 31 的顶部光束的光学系统与右侧管道 30 的光学系统本质上相同。通过四组反射镜 14 聚焦穿过左侧管道 42 的左侧光束的光学系统与右侧管道 30 所描述的光学系统本质上相同，或者，可以替换地，将不同的特征结合到左侧管道 42 中。例如，右侧管道 30 或顶端管道 31 可以有一个容纳十个输出光导的扇区透镜，而左侧透镜 42 可能只与单个大光导或多光导束 44 相耦合。不同的特征，包括在右侧管道 30，顶端管道 31，和左侧管道 42 中描述的特征的组合，可以以不同的组合方式结合并应用到任何这些管道中。此外，这些特征的组合可以应用于底部管道 43 中。所示的底部管道 43 带有一个聚焦透镜 45c 而没有一个折迭镜。在图 1b 的实施例中，图 1a 的聚焦透镜 45c 将第二反射镜部分 17 的光聚焦到圆形均化棒 28c 上。根据设计的参数，聚焦透镜 45c 可用来分别代替或附加到右侧、左侧、和顶端管道 30，42，和 31 中的任何一个折迭镜 24，24a，和 24b 上。

按照更适宜使用一个 Solar 1000TM 无电极灯的图 1b 的实施例，没有使用图 1a 结构中的折迭镜，将来自四个反射镜 16-19 的光直接聚焦到均化棒上，并且随后聚焦到透镜或分段透镜上。

再次参照图 1a，一个旋转色轮 46 安放在均化棒 28 的出口处，或可替换地，安放在扇区透镜 36 的前面。当色轮 46 位于均化棒的出口处时，所有光导的光线颜色是相同的并且随着色轮的旋转而同步变化。当色轮靠近扇区透镜 36 的入口处时，每一个光导的光线颜色是不同的并且能因色轮的样式不同而以不同速率变化。通常需要将色轮中的多个色盘之一设为空白，从而起到一个光闸的作用，用于可选择性地放出色光的目的。这些各种颜色调节装置在水池照明、信号、和其它应用方面是很有用的。

这种照明系统的高效率源于它的多个单独和联合工作部件的特殊设计。当不使用无电极灯时，最适宜选择具有小电弧空间的光源 12，这样使得光将耦合到相对小直径（优选为 3mm 至 10mm）的多个光导上。四组曲面型反射镜 14 由四个轴向对称的曲面型半球或部分 16-19 组成，光源 12 位于它们的相匹配平面的中心。这种配置利用了椭圆体（或近似椭圆体）反射镜形状的低倍放大部分的非常有效的聚集性能。在四个反射镜部分 16-19 中每一个的中心的一个大洞 48，导致了一个具有环状横截面的聚焦光束。进入每个反射镜洞中的光没有丢失而是进入对面的反射镜，然后聚焦成为第二聚焦光束。这种反射镜配置有效地产生了一个环状横截面光束，此光束对于减少每个扇区透镜 38（图 4）所需的径向孔径是非常有用的。

图 2 示出了穿过四组反射镜 14 右侧部分的一个横截面，它说明了环状光束 50 是如何产生的。环状光束 50 被保持并通过均化棒 28，其中变暗的中心部分 52 用交叉影线表示。

最好如图 3 所显示，环状光束也射到扇区透镜 36 上，可以看到环状光束 50 的外边界 54 和内边界 56，确定了径向透镜孔径。这样环状光束非常有效地限定了所需的透镜孔径而且允许应用相对短焦距长度的透镜。这种可应用短焦距长度透镜的性能容许更加有效地耦合于小直径光导，因而出乎意料地提高了系统的效率。最小光导直径是根据输出光束的发散与光导的数值孔径相匹配的需要来控制的。

本发明的另一个特征是光源 12 的方位。特别如图 2 中所示，光源 12 是位于四组反射镜 14 的焦点上。将光源 12 的弧光放电的长度定向，以便实质上与一个反射镜对称轴平行和一致，此反射镜对称轴穿过光源 12 并且垂直于印刷图 2 的纸面。在大多数应用中，通常需要小输出光导直径。假如较大光纤的数值孔径等于或大于较小光纤，一般地小光导的设计通常也将使其有效地耦合于大光导。本优选实施例中，输出光导纤芯直径额定是半英寸。

需要这种大直径是因为光源的高输出功率可能烧坏小直径光导。此外，本发明的不需任何聚焦透镜的扇区透镜是一个非球形状，可应用标准光学方程式来确定。

尽管图 4 显示了六个相同的透镜扇形 38，扇区透镜 36 可以有少至两个，多至约十二个或更多的扇形。而且这些扇形不需面积相同，

因为在一些应用中可能需要将不同数量的光传递到不同的位置上。作为一种分离入射光束装置的扇区透镜相对于目前使用的束状光导具有一个主要优势，即扇区透镜的排列使光导彼此分离（图 3 和 4），因而使单个光导容易安装和拆除。

- 5 如前所述，折迭反射镜 24，24a，和 24b 可提供折迭镜和热阻挡镜的多个功能。作为一种折迭镜，它可与或不与一个热光源同时使用，并提供围绕机械轴 64 和 64a 旋转整个输出光学系统的性能，最好如图 1a 所显示。这个特征是非常有用的，它在决定光导从装置中射出的方向方面提供了很大的灵活性。例如，光源 12 的每一侧的折迭镜 24 和 24a 的独立旋转提供了输出光导位置的额外的灵活性。

- 10 如上所述，圆柱形均化棒 28（和均化棒 28a，28b，和 28c）常常用来聚集围绕棒轴 66 的光的扇形分布。这是有益处的，它使每一个光导的光输出相同（这是通常希望的），因为来自光源 12 的扇形光分布一般是不同的。此外，可以作为照明源应用的一种金属卤化物弧
15 光灯通常在扇形分布上有一些颜色差别，这个扇形分布也需要被聚集起来以避免光导之间输出的不希望有的颜色差别。例如，优选地在均化棒两端的每一端应用一个向场透镜 32 来限制在棒内的光，这样光全部在棒内反射。在机械上，均化棒 28 的向场透镜部分 32 在直径上大于棒部分本身，以便提供一种安装于均化棒 28 上的无光损失的装
20 置。除非棒被包覆，否则接触到均化棒表面的任何情况将漏走一些内部的反射光，包层是一个不利的手段，因为它减少了数值孔径而且增加了成本。根据本发明的一个实施例，每一个均化棒可以包覆一层低导材料。

- 25 单个的透镜扇区 38（图 4）包含一个中继透镜系统，它使均化棒的输出端大概成像于光导的端口上。透镜扇形可以是非球形或失真形状以减少像差并提高效率，而且最好有一定厚度，这样输出光束被聚焦至透镜扇形的平坦的后表面上。这样允许光导常用类型的柔软纤芯“湿润”透镜表面，因而减少了这一界面上的反射损失。在本发明的另一个实施例中，光导 40 和透镜扇形 38 表面可以分隔开，这样一个
30 所谓的“空气间隙”位于其间。

如图 1a 所示的四组曲面型反射镜 14 可以被扩大或缩小以或多或少增加曲面型反射镜。例如，可以应用三个曲面型反射镜或八个曲面

型反射镜而不是四个曲面型反射镜。曲面型反射镜（端口）的数量将取决于特殊系统的需要。对应于一个端口的每一个曲面型反射镜独立于其它端口，可以耦合于一个或几个均化棒或光导上。曲面型反射镜或端口的最大数量通常由光学聚焦的大小限制所决定，例如聚焦透镜的大小限制。

根据 etendue 不变量所述的原理，用来从光源 12 中收集光线，然后将光线发射进光导的反射镜，如四组曲面型反射镜 14，是低效率的。etendue 或 Lagrange 不变量是一个恒定的穿过一个光学系统的一些光束。etendue 可由几种不同方法定义，这必须有上下文决定。最简单的定义是与来自极远物体来的光线在一个半径 a 的圆形孔径上成一个角度 2θ 。根据旁轴近似法，etendue 由 $\theta^2 a^2$ 表示。如果这个圆形孔径是一个光学系统的输入端，同时如果系统中的光束没有阻挡，而且吸收和发散等可被忽略，那么通过系统的 etendue 的数量是恒定的。

这个量 $\theta^2 a^2$ 的平方是 $\theta^2 a^2$ 。通过系统的这个平方量也是不变的，并经常被称为三维 etendue。etendue 的这个三维形式是有用的，因为它与通过系统的功率流成比例。

在非成像的应用中（包括光纤和光导照明器），此旁轴近似法就不再正确，必须应用 etendue 的更通用的定义。这个更通用的定义是根据一束光线的小位移来表述的，光线从指数 n 的输入介质中的一点 $P(X, Y, Z)$ 传播到指数 n' 的输出介质中的一点 $P'(X', Y', Z')$ 。点 P 上的余弦方向由 (L, M, N) 表示，点 P' 上的余弦方向由 (L', M', N') 表示。点 P 处光线的小位移由 dx 和 dy 表示，点 P' 上的相应变化为 dx' 和 dy' ，并且类似地，余弦方向的小变化由 $dL, dM, dL',$ 和 dM' 表示。通过这些定义，etendue 不变量的关系式为：

$$n'^2 dx' dy' dL' dM' = n^2 dx dy dL dM$$

其中 L 和 M 分别对应于 x 和 y 轴的余弦方向。

将这个结果应用到上面给出的 etendue 的第一个定义中，可以确定 etendue 与 $a^2 \sin^2 \theta = a^2 NA^2$ 成比例，其中 NA 是孔径值。在这个结果中，略去常数系数并假定两点的折射指数一样。如果能求得积分的值，用通常的定义可计算出任何情况下的 etendue。

如上所述，根据由 etendue 不变量描述的基本原理，应用反射镜

来收集来自一个非连贯光源中的光，然后发射到光导上的效率很低。典型的反射镜非常靠近光源，光源通常位于其焦点上，并且反射镜对向一个大立体角，这使得 etendue 不变量具有一个很大的值。相反地，光导有一个具有限定孔径值的相对小的开口（纤芯直径），使得 etendue 不变量具有一个相对小的值。

从另一方面来说，多个透镜的一个球形排列或球形外壳对于收集来自非连贯光源的光线是很理想的，这是因为如果不考虑吸收，散射等，实质上所有的光线能被收集并对准整齐排列的多个光导。此外，多个透镜的一个球形排列或球形外壳的应用是与 etendue 的原理相一致的。在特殊应用中的局限包括照明光源的大小和形状，及光导的大小和孔径数值。这些变量包括决定光导数量的透镜的数目，和透镜的放大倍数。设计首先局限于成像大小，这由光导纤芯大小所决定。因此，光导大小决定了放大率。就一个给定的放大率，最大的透镜尺寸由光导的孔径数值所限定。这反过来决定了所使用透镜（和光导）的最小数量。经常使用大量较小的透镜，因为这样光的角度范围将小于光导的孔径数值。

根据本优选实施例，图 5 和图 6 显示了一种结构，其中一个光源 12 实质上由一个热阻挡屏障 80 和多个透镜球体所包围。光源 12 由一个金属丝笼 81 所包围，该金属丝笼构成了一个微波腔。放置在微波源 83 中的一个电机（未图示），使光源 12 绕一个垂直轴旋转，因而易于形成一个均衡的等离子区。可以得到电机、金属丝笼 81、微波源 83、和位于金属丝笼 81 和微波源 83 之间的一个平坦反射镜（未图示），例如，如前所述的 Solar 1000™ 硫磺灯，都可从美国马里兰州巴尔的摩市的 Fusion Lighting 得到。根据本发明，用一个弯曲半球形向后反射镜 85 来代替通常由 Solar 1000™ 硫磺灯产品所提供的平坦放射镜是很有利的。这个弯曲向后反射镜 85 更有效地改变来自光源 12 的光的方向，一般地使光返回并通过硫磺灯到达聚焦透镜 76 上。

一个均化棒 90 优选地耦合到每一个聚焦透镜 76 上。根据选择，均化棒 90 的数量可以增加或减少以来增加或减少系统端口的整个数量。也可以完全不用均化棒，或者全部或部分地由其它光导替换。当然，球形组合体中的聚焦透镜 76 的数量限制了均化棒 90 的最大数

量。如本发明的所有实施例，扇区透镜 36 和输出光导 40（图 1a），及其中的其它光学元件和组合体，都可以与均化棒 90 一起或代替均化棒 90 使用。对应于折迭镜 24，24a，和 24b 的反射镜同样可以应用于这些实施例中。曲面型反射镜 85 的弯曲部分通常是球形，灯在其焦点上，但是也可以选择应用计算机设计和/或由经验测试其曲度来得到光源 12 的最大反射量。

热阻挡屏障 80 优选地由一个截去顶端的玻璃球壳组成。然而，根据设计的需要，可以应用其它材料和除外球形的其它形状。热阻挡屏障 80 起到防护罩一样的作用以避免聚焦透镜 76 接受可能由光源 12 产生的过多的热量。另外热阻挡屏障 80 上可包括紫外和/或红外阻挡涂层，以便提供额外的阻挡能力和能进一步避免聚焦透镜 76 接受光源 12 产生的热。

由热阻挡屏障 80 提供的保护有助于采用铸模塑料进行聚焦透镜 76 的制作。如果应用铸模塑料聚焦透镜 76 时没有热阻挡屏障 80，铸模塑料聚焦透镜 76 将可能会被来自光源 12 的热辐射所损伤。例如，没有应用热阻挡屏障 80 时，铸模塑料透镜 76 可能融化或变形。在没有应用热阻挡屏障 80 的实施例中，聚焦透镜最好由玻璃制作，玻璃相对的要重、易碎，和昂贵些。比起必须由玻璃或一些其它更抗热的材料来制作的透镜，塑料聚焦透镜 76 具有更加经济的制造成本。

现在看图 7，它示意性示出了球形多端口光学照明器 101 的优选的实施例。图 7-14 的实施例与图 5 和 6 的实施例相似，它具有传递透镜 107，109，111，113，115 和替代聚焦透镜 76 的聚光器透镜 117。同聚焦透镜 76 一样，铸模塑料是传递透镜 107，109，111，113，115 和聚光器透镜 117 的优选材料。本优选热阻挡屏障 80（图 5）允许在传递透镜 107，109，111，113，115 和/或聚光器透镜 117 的制造中用塑料替代玻璃。一个金属丝笼 105 包围光源 103，这与图 5 和 6 的光源 12 类似。

在现在的实施例中，四排传递透镜环绕光源 103，并且顶层传递透镜位于光源 103 的上方。第一传递透镜 107 形成第一排，第二传递透镜 109 形成第二排，第三传递透镜 111 形成第三排，和第四传递透镜 113 形成第四排。顶端传递透镜 115 形成透镜的顶层，并且放置多个聚光器透镜 117 以接受来自多个传递透镜的光线。每一个传递透镜可

耦合于一个聚光器透镜 117 上。根据需要，可以增加或减少聚光器透镜 117 的数量以增加或减少系统端口的总数量。传递透镜的数量限制了聚光器透镜 117 的最大数量。

第一传递透镜 107，第二传递透镜 109，第三传递透镜 111，和第四传递透镜 113 更适宜于浇铸在一起成为透镜组。侧面透镜组 121 优选地由三个第一传递透镜 107，三个第二传递透镜 109，三个第三传递透镜 111，和三个第四传递透镜 113 组成。一个顶层透镜组 123 最好由八个顶端传递透镜 115 构成。每个侧面透镜组 121 和顶层透镜组 123 更适宜于用塑料浇铸制作，但是可替换地，可以应用玻璃。如现在的实施例中，所有的五个侧面透镜组 121 实质上形状相同，并且每个侧面透镜组 121 能固定于两个其它侧面透镜组 121 之间。

如图 8 中可见，顶层透镜组 123 可以稍微覆盖每个侧面透镜组 121 中的第一传递透镜 107。图 7 中的箭头 A1 标出了一个可能的空气流动通道，它使光源 103 产生的热量易于放出。在另一个可替换的实施例中，顶端透镜组 123 可以密封在第一传递透镜 107 上，这样空气可以在密闭结构中循环。在这两种空气流动的实施例中，空气最好既在热阻挡屏障 80 之内，而且又在热阻挡屏障 80 和传递透镜之间循环。光源 103 最好放在所有传递透镜 107，109，111，113，115，和聚光器透镜 117 的焦点上。

如图 9 所示，当正确安装好透镜时，第一传递透镜 107 的焦点 130 和第二传递透镜 109 的焦点 133 相对于光源 103 是均匀分布的。类似地，当正确安装好第三传递透镜 111 和第四传递透镜 113 时，第三传递透镜 111 的焦点 135 和第四传递透镜 113 的焦点 137 相对于光源 103 是均匀分布的。

图 10 显示了一个侧面透镜组 121 的横断面图和另一个侧面透镜组 121 的侧视图。图 10 也显示了顶端透镜组 123 的一个横断面图。图 11a 显示了第一传递透镜 107 的侧视图，图 11b 显示了第二传递透镜 109 的侧视图。图 11c 显示了第三传递透镜 111 的侧视图，图 11d 显示了第四传递透镜 113 的侧视图。当透镜 107，109，111，113，和 115 放在光源 103 周围时，传递透镜 107，109，111，113，和 115 外表面优选地形成成为距光源 103 有一个恒定半径的形状。然而，透镜 107，109，111，113，和 115 的内表面最好是非球形。

图 11e 示出了聚光器透镜 117 的一个横断面图。每一个传递透镜 107, 109, 111, 113, 和 115 都适合于将来自光源 103 的光传递到一个对应的聚光器透镜 117 上。接着, 聚光器透镜 117 将光线聚焦到相应的光导上 (未图示)。当使用无电极灯时, 光导优选地由被认为具有适当流明输出的光纤组成。例如, 对于省略了热阻挡屏障的高流明输出的情况, 光纤可以由一种非塑料材料如束状玻璃丝组成。例如, 如图 12 所示, 将射到一个第二传递透镜 109 的光聚焦到聚光器透镜 117' 上。穿过聚光器透镜 117' 的光被聚合以在光导上成像。

图 13 和 14 示出了一个光导输入端表面区域上的光强度的三维图。图 13 区域的光强度图相应于采用聚光器透镜 117 的图 7-9 的实施例。图 14 对应于采用聚光器透镜 117' 的图 12 的实施例, 它表示了此表面区域上比较一致的光分布。

光导输入端表面区域上的光的这种相对一致的分布通常可归因于聚光器透镜 117' 的形状。每个传递透镜 107, 109, 111, 113, 和 115 优选地被设定后能将光源 103 来的大约等量的光传输到一个相对应的聚光器透镜 117' 上。聚光器透镜 117' 与图 11e 的聚光器透镜 117 相比形状不同。更特殊地, 每一个本优选聚光器透镜 117' 在其中心都有一个凹口, 这有助于使光导输入端表面区域上的光相对一致的分布。

尽管每个传递透镜 107, 109, 111, 113, 和 115 优选地由具有五个边的五角形组成, 但除了顶层透镜组 123 的最顶端传递透镜以外, 本发明的这些传递透镜实际上可以是任何形状。这些传递透镜的形状可以包括不等边四边形 (包括方形), 三角形, 五边形, 六边形, 多个形状的组合, 或恰好彼此适合的球形表面的任意不确定形状。总的来说, 这些形状都不是规则的, 因为它们没有相等长度的边, 但是本发明也试图应用规则形状的透镜来用于这些实施例。根据本发明, 全部、一些或没有透镜可以大小相同。本发明五边形透镜的形状正圆形的, 因此有助于以最小的角度来聚焦光线。然而根据本发明, 与圆形透镜一样, 也可以应用其它非圆形透镜。尽管本发明结合了一个相当好的球体, 但还可以使用部分或全部围绕着一个光源的多个透镜的任意组合。

作为上述首选结构的替换, 传递透镜和聚焦器透镜可以由构成一

个单元的玻璃或塑料铸模块或部件制成。如果需要，也可将球形热屏障分成几部分，然后放到这些模块中。

根据第二个优选实施例，图 15 是抛物面形光学反射系统 172 的示意性上视图。与在离开光源方向上聚焦光的椭圆形反射镜不同的是，
5 抛物面形反射镜适合于在离开光源方向上校准光线。从光源 12 发出的光被校为朝向传递透镜 177 和聚光器透镜 178 方向的平行光。在结构、排列等方面，图 15 的传递透镜 177 和聚光器透镜 178 与图 7-14 的传递透镜 107，109，111，113，115 和聚光器透镜 177 相似。另一种可选择的形式，聚焦透镜 76，例如如图 5 和 6 所示，可以用于
10 替换传递透镜 177 和聚光器透镜 178。传递透镜 177 和聚光器透镜 178 更适宜于由铸模塑料组成，但是也可以应用其它材料例如玻璃。另外，在可替换的实施例中，可以在光源 12 和塑料传递透镜 177 之间放置一个热阻挡屏障。

图 16 示出了图 15 结构的一个可替换的实施例。将图 15 中的两个
15 抛物面形反射镜 175 截去顶端，并以背靠背的方式放置在一起。然后把光源放在双抛物面形反射镜 181 的焦点处。图 15 中的传递透镜 177 和聚光器透镜 178 可以安放在双抛物面形反射镜 181 的两个输出端口 185，188 的一端或两端上。另一种可选择的形式，聚焦透镜 76，例如如图 5 和 6 所示，可用于替换传递透镜 177 和聚光器透镜 178。光源可由一个 Solar 1000™ 硫磺灯，或者一个双头金属卤化物灯 190
20 组成，如图 16 所示且在美国专利申请 08/_____ 号，申请日 1997 年 3 月 4 日，题目是光导的多端口照明器。支架 193，197 是用于将双头金属卤化物灯 190 固定于双抛物面形反射镜 181 上的。

尽管已图示并描述了本发明的可仿效的实施例，但是除了以上段落所阐述之外，在技术上拥有普通技能的人在不违反本发明的本质和
25 范围内，可以做出很多其它变化，改进和替换。

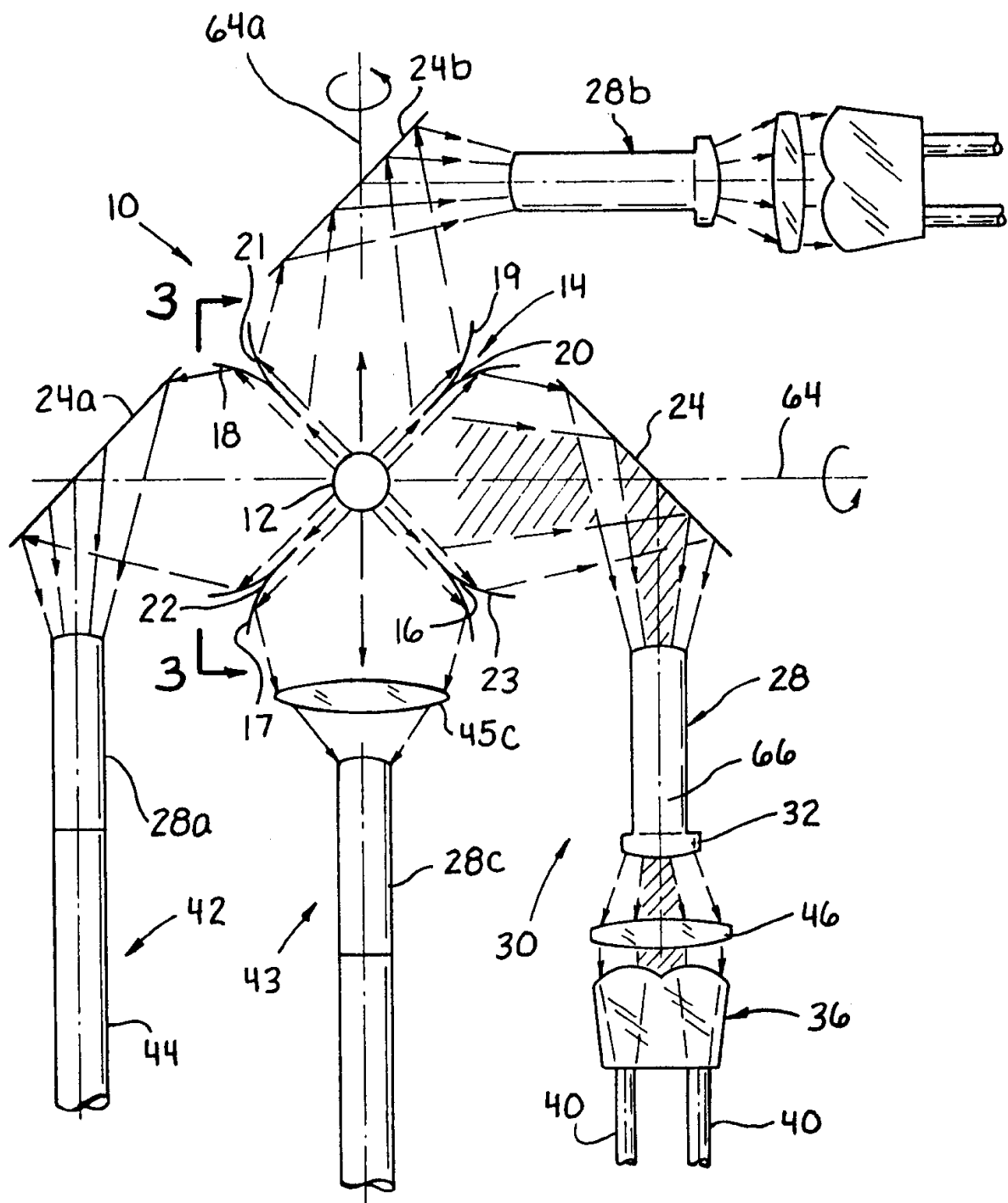


图 1a

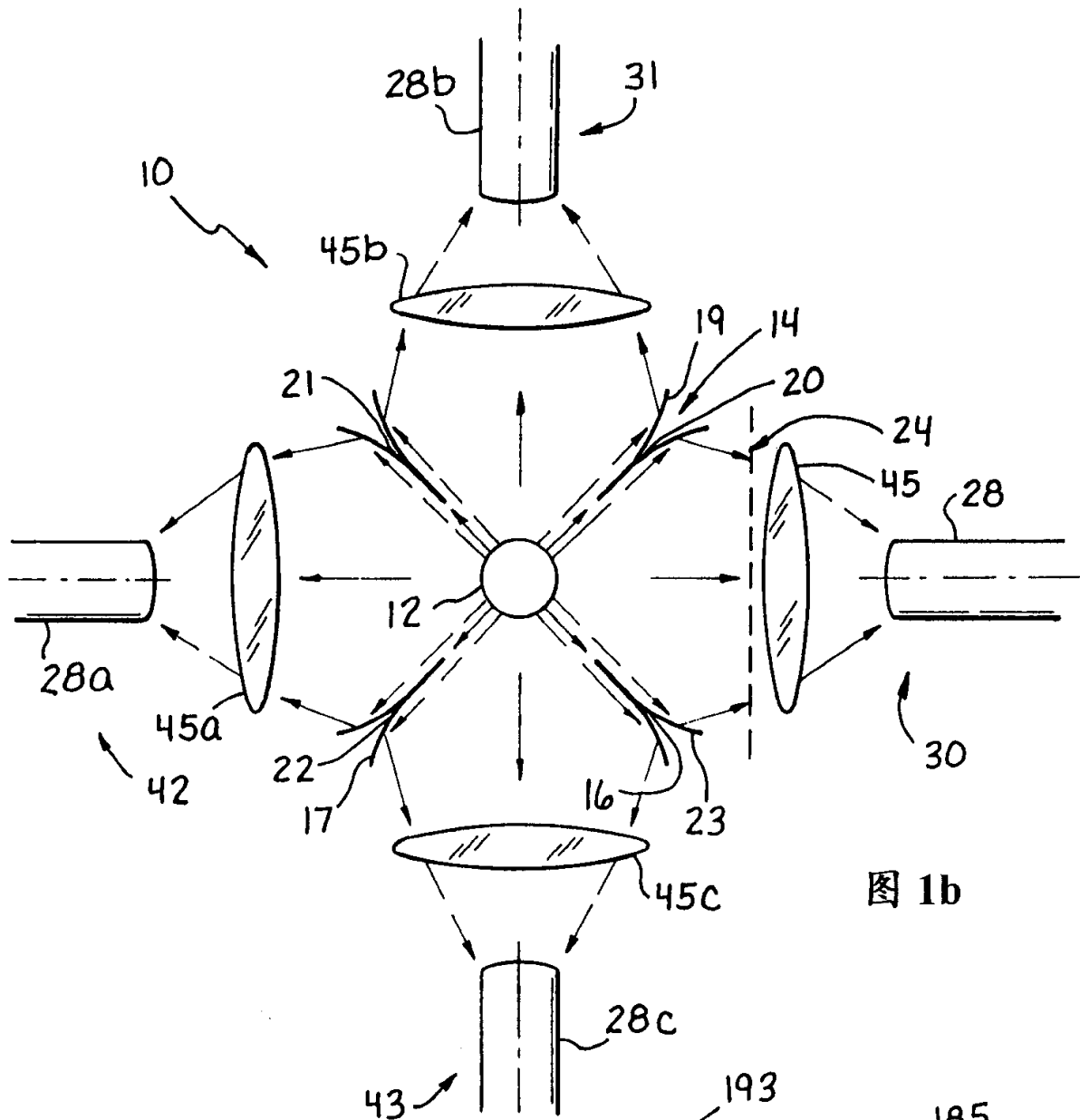
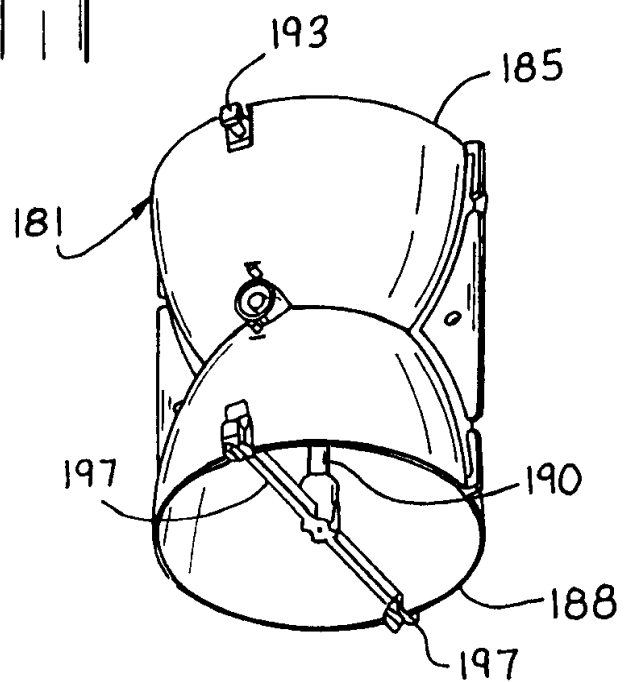


图 1b

图 16



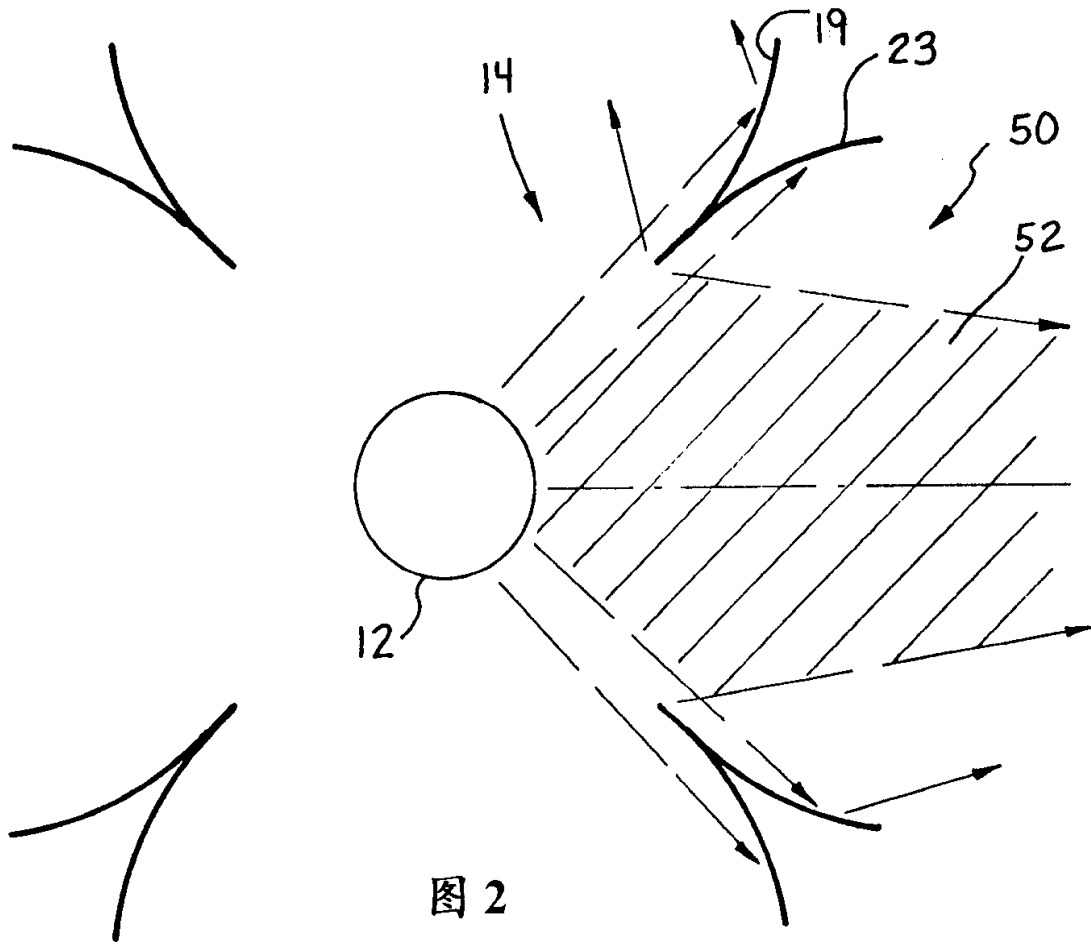


图 2

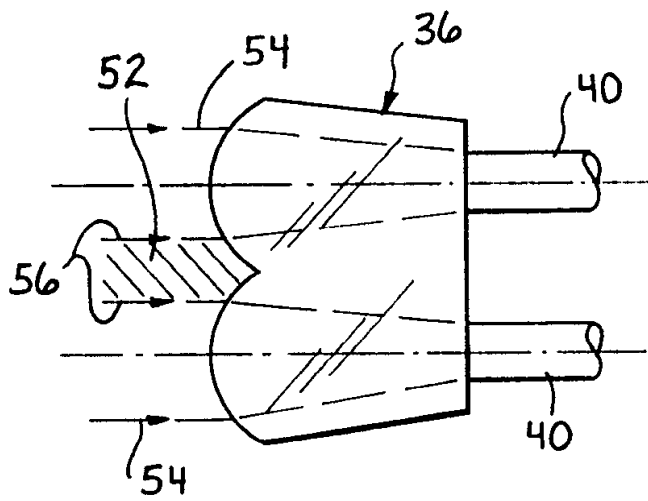
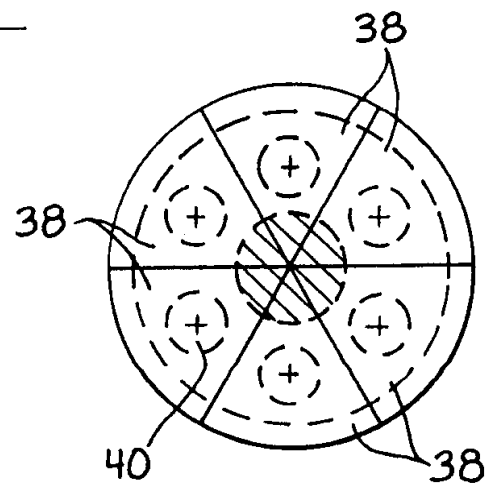


图 3

图 4



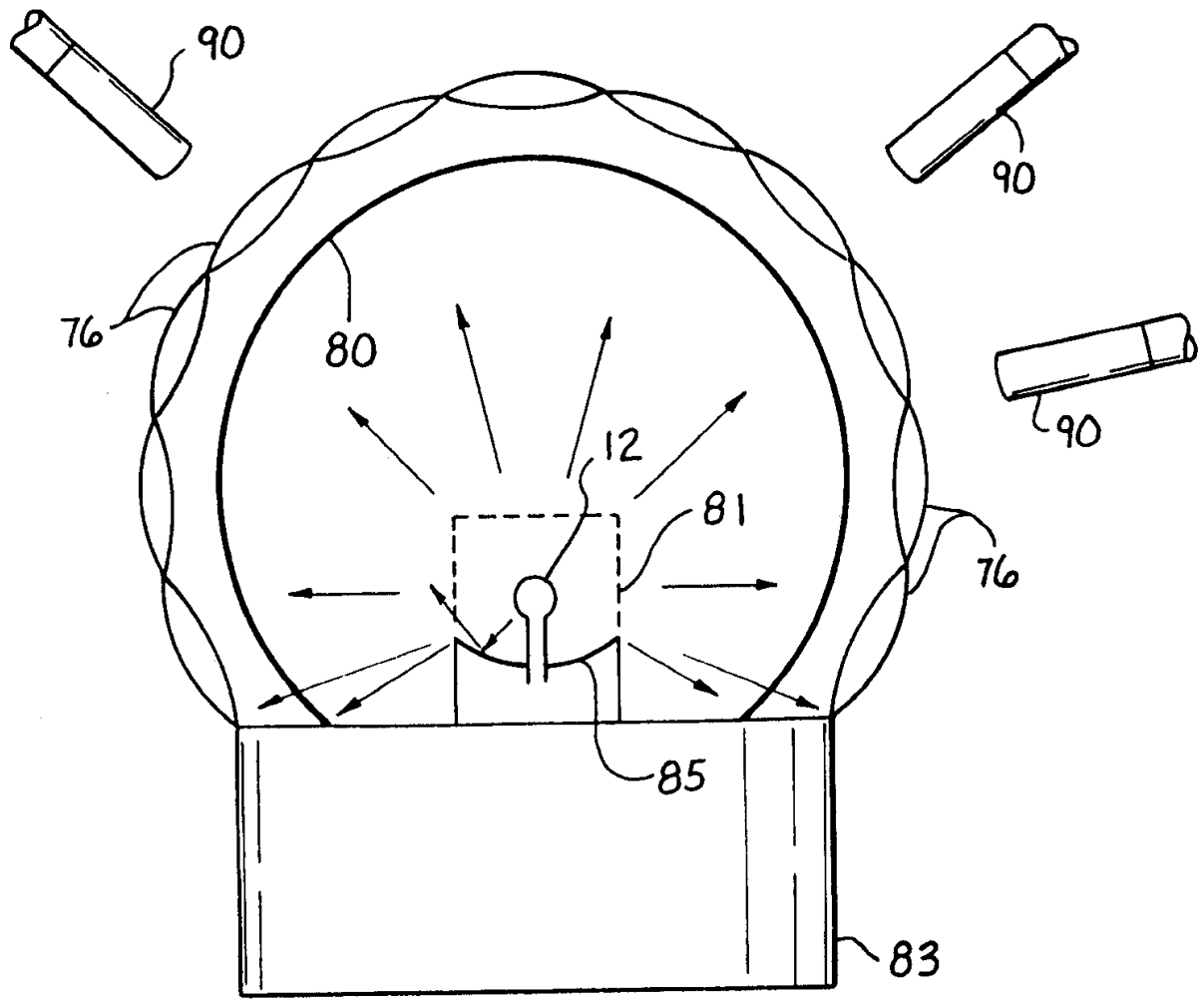


图 5

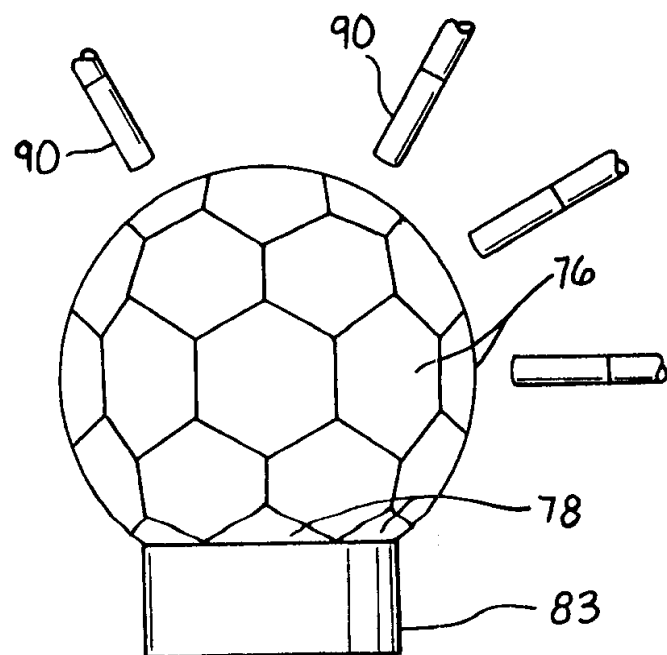


图 6

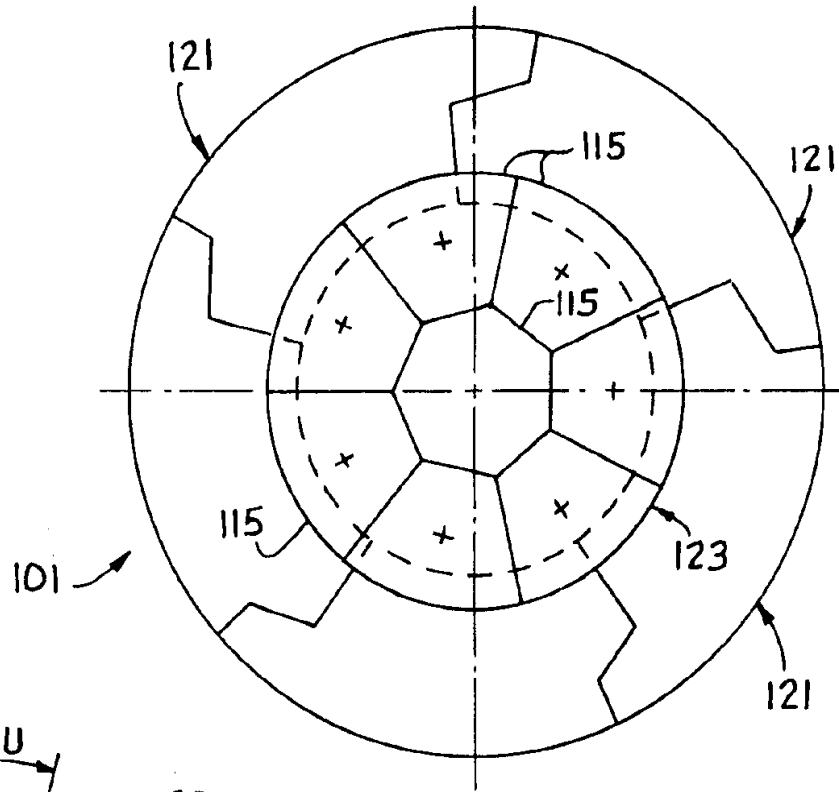


图 8

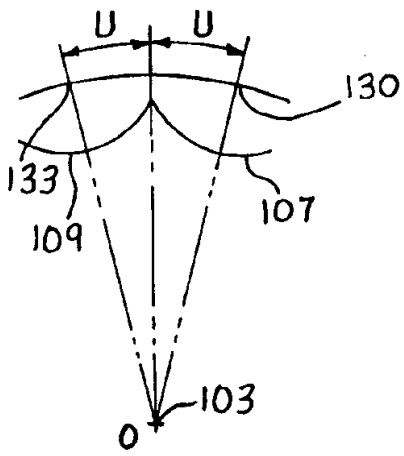


图 9

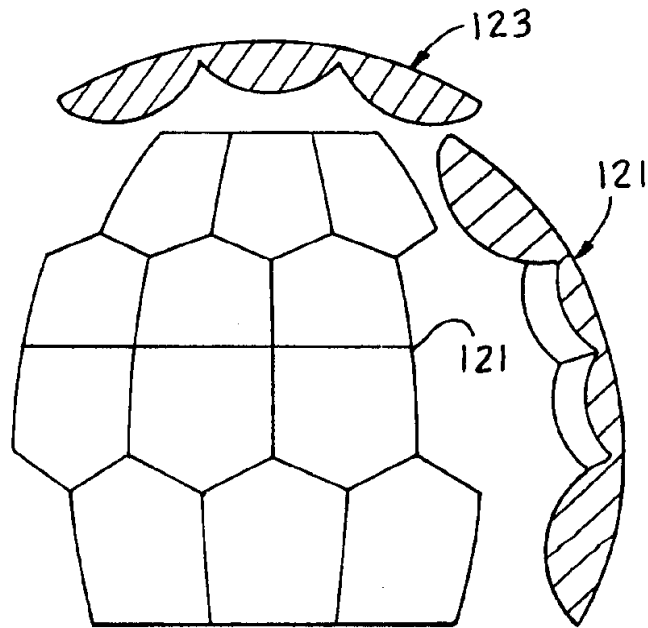


图 10

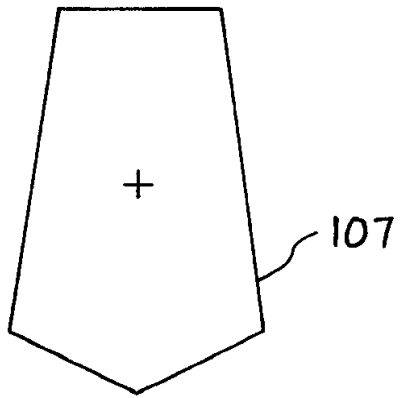


图 11a

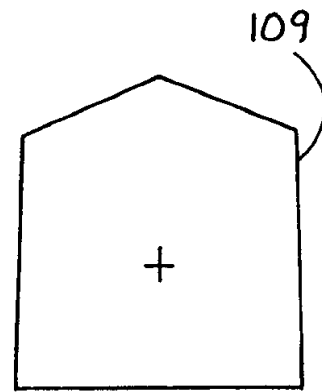


图 11b

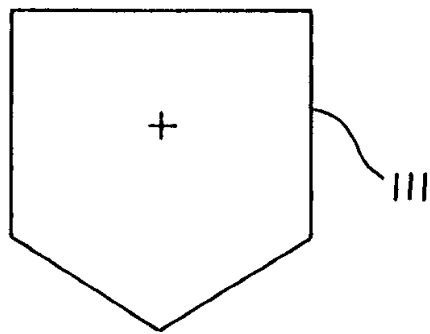


图 11c

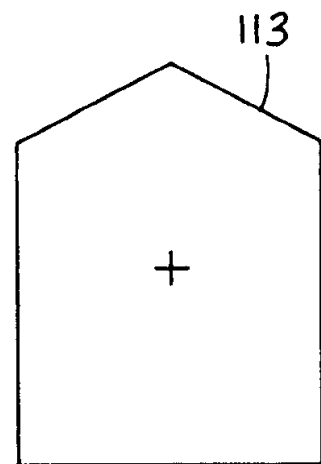


图 11d

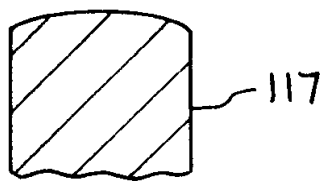
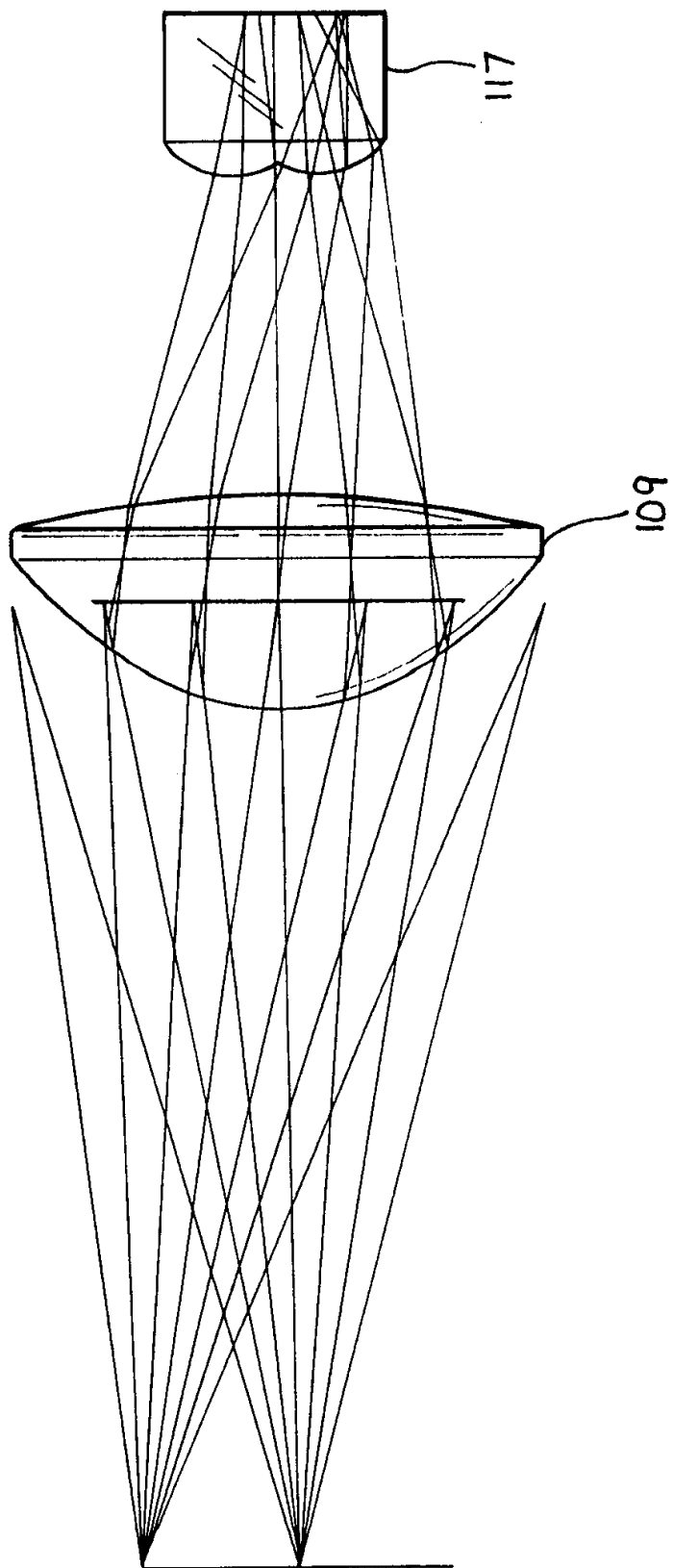


图 11e



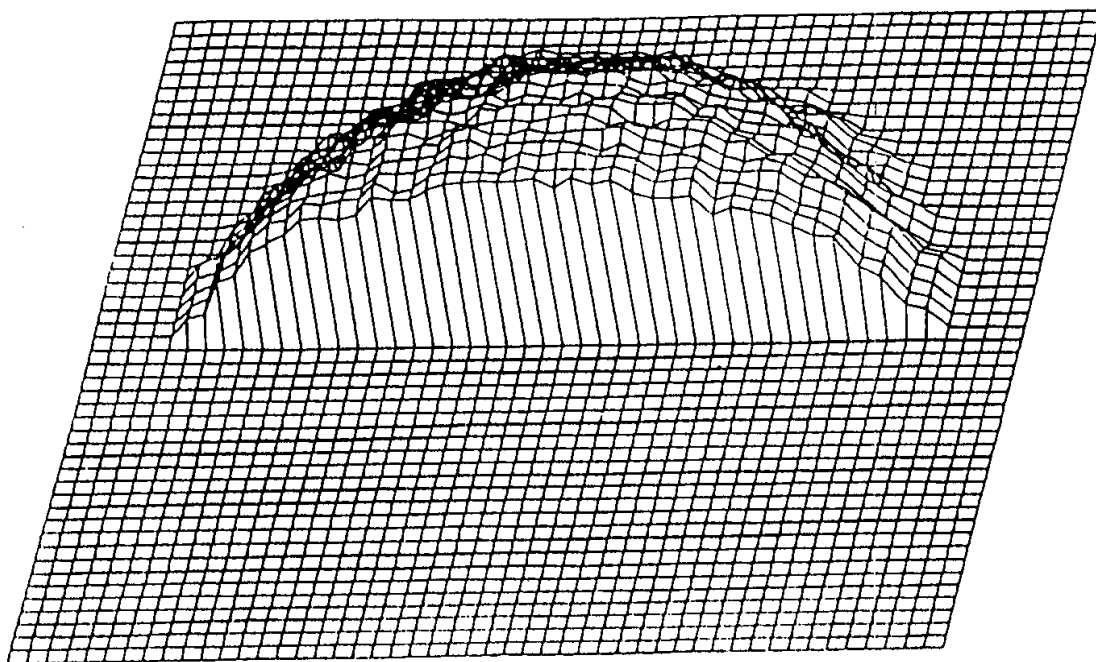


图 13

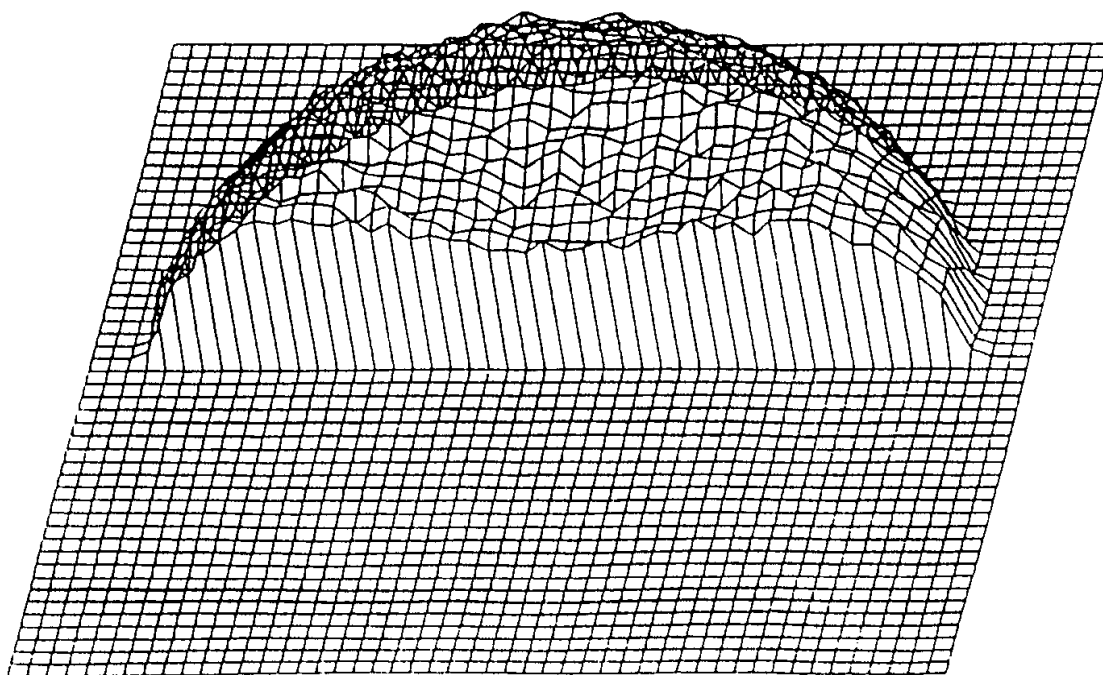


图 14

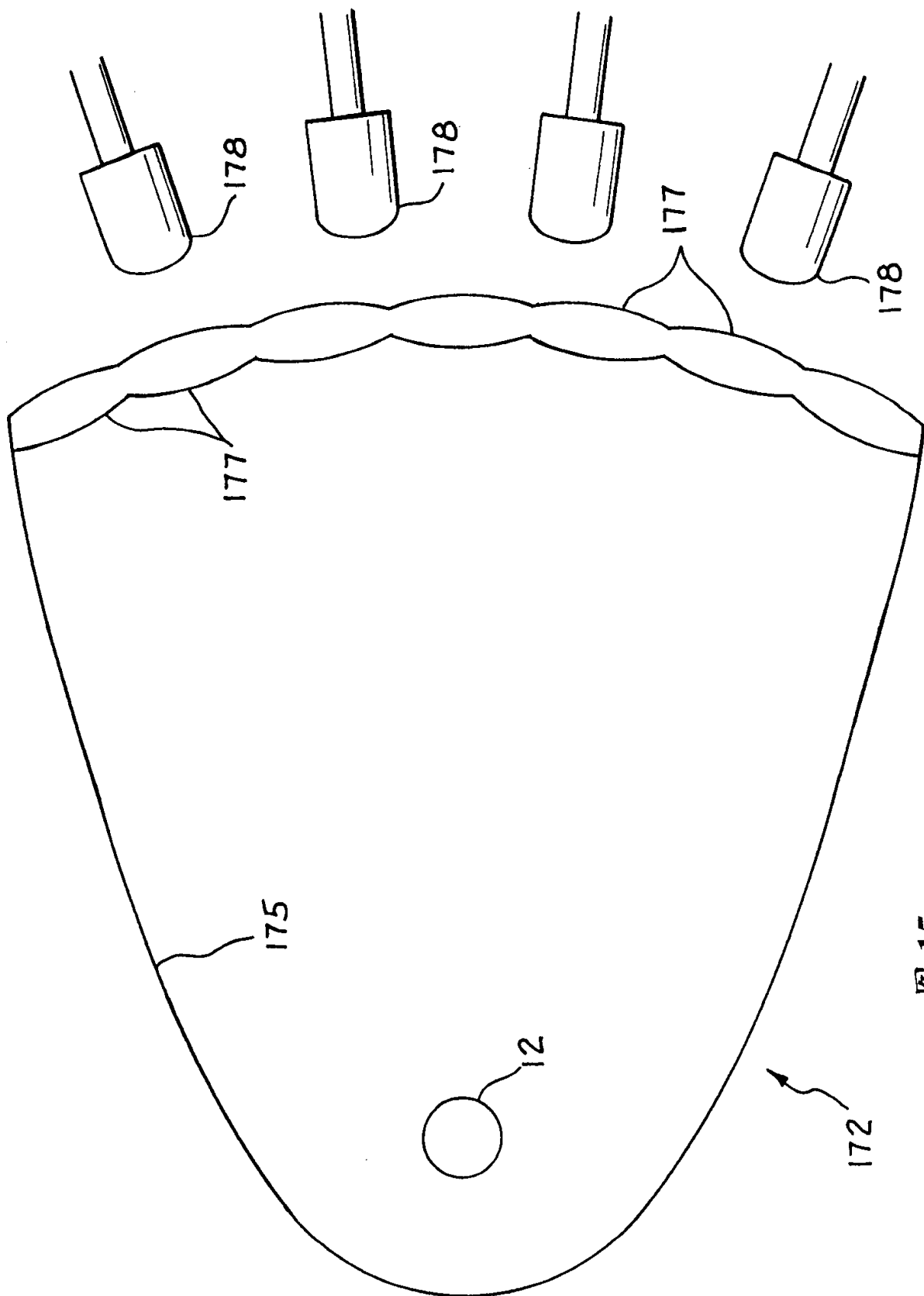


图 15