



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01810438. X

[45] 授权公告日 2006 年 12 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 1288384C

[22] 申请日 2001.5.7 [21] 申请号 01810438. X

[30] 优先权

[32] 2000. 5. 8 [33] US [31] 09/566,521

[86] 国际申请 PCT/US2001/040683 2001.5.7

[87] 国际公布 WO2001/086198 英 2001.11.15

[85] 进入国家阶段日期 2002.11.29

[73] 专利权人 远光公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 亚历山大·里兹克因

罗伯特·H·图德普

伊利亚·阿古罗科 戴维·鲁伊斯

审查员 吴坤军

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有
限责任公司

代理人 王 怡

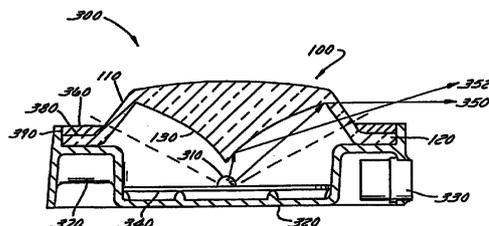
权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 10 页

[54] 发明名称

具有提供预先计算的角强度分布的光学变换器的照明器

[57] 摘要

一种具有提供预先计算的角强度分布的光学变换器的照明器。光变换器包括：从光源接收光的第一侧；输出光的与第一侧相对的第二侧；位于第一二侧间的第三侧的第一构件，其具有包含在向第二侧方向上再导向并重新分布光的全内反射面的外部壁；位于第一构件一侧的基本垂直于光的方向轴的第一平面光学窗；位于与第三侧相对的在第一二侧间的第四侧的第二构件，其具有包含在向第二侧方向上再导向并重新分布光的全内反射面的外部壁；位于第二构件一侧的基本垂直于光的方向轴的第二平面光学窗，其在光的方向轴的对面与第一平面光学窗对称；位于第一和第二构件间的非球面透镜，其具有在第一侧上的输入侧和第二侧上的位于第一和第二平面光学窗之间的输出侧。



1. 一种光变换器，用于以低散射度的预定模式或与一个光的方向轴平行地导向和重新分布来自光源的光，包括：

5 从光源接收光的第一侧；

输出所接收的光的第二侧，所述第二侧位于该光变换器与所述第一侧相对的一侧；

10 位于该光变换器的在所述第一侧和所述第二侧之间的第三侧的第一构件，其中所述第一构件具有包含全内反射面的外部壁，所述全内反射面在向所述第二侧的方向上再导向并重新分布所接收的光；

位于所述第一构件的一侧的第一平面光学窗，所述第一平面光学窗垂直于所述光的方向轴；

15 位于该光变换器的第四侧的第二构件，所述第四侧位于该光变换器上与所述第三侧相对的一侧，在所述第一侧与所述第二侧之间，所述第二构件具有包含全内反射面的外部壁，所述全内反射面在向所述第二侧的方向上再导向并重新分布所接收的光；

位于所述第二构件的一侧的第二平面光学窗，所述第二平面光学窗垂直于所述光的方向轴，所述第二平面光学窗在所述光的方向轴的对面与所述第一平面光学窗对称；和

20 位于所述第一和第二构件之间的非球面透镜，所述非球面透镜具有在该光变换器的所述第一侧上的输入侧和在该光变换器的所述第二侧上的输出侧，所述非球面透镜的输出侧位于所述第一和第二平面光学窗之间。

具有提供预先计算的角强度分布的光学变换器的照明器

5 技术领域

本发明一般地涉及照明系统。本发明更特别地涉及一种光变换器件，其提供了一个精确确定的光分布模式，例如那些用于导航、障碍物指示和其他的信号光源的光分布模式。

10 背景技术

目前，照明系统被用于在道路和机场滑行道和跑道路线上标识障碍物和拐弯。例如，机场使用照明系统来为进场和滑行的飞机提供指引。数千的卤素灯泡被用在机场。不幸的是，这些灯泡需要太多的电力。

在道路照明系统中，在障碍物的周围和沿着道路的拐弯放置灯泡以给
15 驾驶员发出信号表示存在障碍物和拐弯。这些照明系统没有为驾驶员以一种最佳的模式充分地再导向（redirect）光线。例如，这些灯泡没有为距离它们较远的驾驶员提供足够的光线。因此，这些灯泡也没有对驾驶员接近灯泡时光照度与距离成二次方倒数的关系进行补偿。特别地，这些灯泡没有为当驾驶员更接近该灯泡时能更好地看见灯泡这一事实进行调整。此外，大部分这样的信号器件在有用的模式中仅导向（direct）了光源所发射光的一部分。因此，它们效率低下。
20

发明内容

在一个实施例中，本发明提供了一种光变换器，用于高效地以低散射
25 度的预定模式或与一个光的方向轴基本平行地导向和重新分布来自光源的光，包括：从光源接收光的第一侧；输出所接收的光的第二侧，所述第二侧位于该光变换器与所述第一侧相对的一侧；位于该光变换器的在所述第一侧和所述第二侧之间的第三侧的第一构件，其中所述第一构件具有包含全内反射面的外部壁，所述全内反射面在向所述第二侧的方向上再导向并

重新分布所接收的光；位于所述第一构件的一侧的第一平面光学窗，所述第一平面光学窗基本垂直于所述光的方向轴；位于该光变换器的第四侧的第二构件，所述第四侧位于该光变换器上与所述第三侧相对的一侧，在所述第一侧与所述第二侧之间，所述第二构件具有包含全内反射面的外部壁，所述全内反射面在向所述第二侧的方向上再导向并重新分布所接收的光；位于所述第二构件的一侧的第二平面光学窗，所述第二平面光学窗基本垂直于所述光的方向轴，所述第二平面光学窗在所述光的方向轴的对面与所述第一平面光学窗对称；和位于所述第一和第二构件之间的非球面透镜，所述非球面透镜具有在该光变换器的所述第一侧上的输入侧和在该光变换器的所述第二侧上的输出侧，所述非球面透镜的输出侧位于所述第一和第二平面光学窗之间。

附图说明

本发明的优选实施例将参考如下附图进行说明，其中相同的数字指代相同的元件，其中：

图 1 为根据一个实施例的光变换器的一个典型的透视图；

图 2 为根据一个实施例的光变换器的另一个典型的透视图；

图 3 为根据另一个实施例的半嵌入式全向照明器的剖视图；

图 4 为根据另一个实施例的光变换器的一个典型的透视图；

图 5 为根据另一个实施例的用于光变换器的照明系统的一个典型的顶视图；

图 6 为根据另一个实施例的光变换器的一个典型的剖视图；

图 7 为根据另一个实施例的光变换器的另一个典型的剖视图；

图 8 为光变换器设计系统的一个典型的框图；

图 9 为光变换器设计模块的一个典型的框图；

图 10 为全向光变换器系统的一个典型的示意图；

图 11(a)-(c) 为使用源光强进行二次方倒数规律补偿的典型的示意图；

图 12 为如何设计一个反射面的典型的示意图；

图 13 为用于设计光变换器的典型的流程图的示意图；

图 14(a)-(c) 为一个系统的典型的示意图，该系统提供了水平面中的全向光模式，其在垂直面中具有精确预定的光强分布；

图 15(a) 和 (b) 为照明系统的合成的包络和迭加的强度分布模式的典型的示意图；

图 16 为一个环形精度光学变换器垂直剖面的典型的示意图；和

图 17 为一个用于高架的全向光变换器的光学变换器的典型的示意图。

优选实施例

图 1 为根据一个实施例的集成全向光变换器 100 的一个典型的透视图。集成全向光变换器 100 可以包括光学窗 110 和支座 120。光学窗 110 可以包括全向窗或任何其他传输光的装置，例如透镜、漫射器或敞开区域。在工作时，当希望以 360 度的模式将光散布出光变换器 100 时，光变换器 100 可以是所示的圆形。其他的形状和各种遮光框可以被用来实现不同的光分布模式。例如，为了使光仅通过光变换器 100 的一部分散布出去，光学窗 110 的一部分可以被遮蔽。

图 2 为根据一个实施例的光变换器 100 的另一个典型的透视图。图 2 图示说明光变换器 100 可以进一步包括一个任意的非球面反射面 130。该反射面 130 可以是曲面圆锥内反射面。在工作时，光可以从光变换器的底部投射到反射面 130 上。然后，反射面 130 可以将光通过光学窗 110 反射出光变换器 100。

图 3 为根据另一个实施例的半嵌入式全向照明器 300 的剖视图。半嵌入式全向照明器 300 可以包括光变换器 100，光源 310，壳 320，接线器 330，印刷电路板 (PCB) 340 和光线 350-352。半嵌入式全向照明器 300 也可以包括垫圈片 360，加强筋 370，密封部分 380 和粘合部分 390。光源 310 可以是发光二极管或任何其他发光器件。接线器 330 可以提供到外部电路的电连接，该外部电路为半嵌入式全向照明器 300 提供功率和控制。PCB 340 可以为光源 310，接线器 330 和有用的电路提供用于运行该半嵌入式全向照明器的电连接。PCB 340 还可以提供控制电路和电源，以便该

半嵌入式全向照明器能由外部电路和功率自动进行运行。

在工作时，光源 310 发射光线 350-352 到反射面 130。光线 350-352 根据反射面 130 的曲率被反射。相对于垂直轴有最小角度的光线在最大的仰角的方向被反射（光线 352），相对于垂直轴有最大角度的光线在最小的仰角的方向被反射（光线 350）。因此，将形成出射光束的光束腰以最小化透光壁的垂直尺寸。最好是，更高百分比的光线 350-352 能沿着光线 350 的路径反射。

例如，从光源 310 发出的 70%的光可以基本上沿着光线 350 的路径被反射，10%基本上沿着光线 352 的路径被反射，剩余的 20%基本上在光线 350 和 352 之间被反射。因此，照明器 300 将在较低的角度得到较高光强，几乎所有由光源所发出的光将以预定的模式被导向。特别地，照明器 300 可以再导向光线，以便长程的照明度（例如，在较低的观察角）将等于短程的照明度（例如，在较高的观察角）。因此，当车中的驾驶员接近照明器 300 时，该驾驶员可以在距离照明器 300 较远和较近的距离感觉到相等强度的光。

图 4 为根据另一个实施例的照明器 500 的一个典型的透视图。照明器 500 可以包括光变换器 600，以及包括多个光源 700 的照明系统 800。在运行中，光变换器 600 可以被放置在照明系统 800 上以接收和散布来自光源 700 的光。

图 5 为根据另一个实施例的一个用于光变换器的照明系统 800 的典型的顶视图。该照明系统可以包括光源 700。该光源 700 可以是发光二极管 (LEDs) 或任何其他用于发光的器件。该光源 700 可以围绕照明系统 800，或部分围绕照明系统 800 以仅使光从照明系统 800 的一部分发出。

图 6 为根据另一个实施例的光变换器 600 的一个典型的剖视图。该光变换器 600 可以包括在第一侧的如窗 610 的窗，在第二侧的非球面透镜 620，在第三侧的全内反射面 (TIR) 630 和在第四侧的全内反射面 635，和透明窗或光学窗 640 和 645。该 TIR 表面 630 和 635 可以是曲线环形反射内表面或任意非球面反射面。

图 7 为根据另一个实施例的光变换器的另一个典型的剖视图。图 7 图

示说明了光源 700 散布光线 710-750 到光变换器 600 的一部分。该光源可以是 LED 或任何其他用于发光的器件。在工作时，光源 700 放射光线 710-750 到光变换器 600。光线 710-750 在第一侧的窗 610 进入光变换器 600。如所示，光线 730 从光源沿着与确定该环形反射内表面的半径的径向线一致的轴直线传播。那些直接行进到在第二侧的表面 620 的光线 720，730 和 740 被折射到低散射度或基本上与光线 730 平行的方向。那些直接行进到在第三侧的表面 630 和在第四侧的表面 635 的光线 750 和 760 通过透明窗 640 和 645 被反射到低散射度或基本上与光线 730 平行的方向。

图 8 为光变换器设计系统 900 的一个典型的框图。该光变换器设计系统 900 可以包括设计处理单元 910，输入器件 920，输出器件 930 和数据库 940。设计处理单元 910 可以是处理器，个人电脑，主机计算机，掌上电脑或任何其他用于处理数据的器件。输入器件 920 可以是键盘，语音识别系统，调制解调器，扫描仪或任何其他用于输入数据的器件。输出器件 930 可以是视频监视器，打印机，调制解调器或任何其他用于输出数据的器件。输出器件 930 也可以是用于制造光变换器的加工系统。数据库 940 可以位于设计处理单元 910 上，高密度磁盘上，软盘上，硬盘上或任何其他用于存储数据的器件上的存储器中。

在工作时，输入器件 920 用于输入数据到设计处理单元 910。该数据可以被系统 900 的用户所输入。设计处理单元 910 可以处理数据和将数据存储到数据库 940 上。设计处理单元 910 也可以从数据库 940 提取数据以用于处理。设计处理单元 910 还可以传送数据到输出器件 930。输出器件 930 可以给用户打印输出或显示该数据。该输出器件 930 还可以在数据的基础上加工光变换器。

图 9 为光变换器设计模块 1000 的一个典型的框图。该光变换器设计模块 1000 可以包括控制器 1050，存储器 1040，输入/输出 (I/O) 接口 1010，数据库接口 1020 和总线 1030。控制器 1050 控制光变换器设计系统 900 的运行和通过网络接口 1010 与输入器件 920 和输出器件 930 通讯，以及通过数据库接口 1020 与数据库 940 通讯。在工作时，例如，当设计者使用输入器件 920 时，设计处理单元 910 可以被存取，通讯信号可以被控

制器 1050 路由到设计处理单元 910。

5 在一个典型的实施例中，控制器 1050 依照本发明通过接收最大和最小输出角度和相对于光源的接收光变换器一部分的位置进行操作。在所接收的光变换器的一部分的位置基础上，根据所接收的最大和最小输出角度，控制器 1050 可以迭代地计算光变换器上反射光源所提供的光的点。

设计模块 1000 可以被用来生成一个任意非球面反射面，例如反射面 130，630 或者 635，这些反射面利用单个光源或给定光度特性的多个光源在水平空间中提供具有在垂直面上有着精确预定的光强分布的相等的全向模式。

10 图 10 为全向光变换器系统 1100 的一个典型的示意图。该全向光变换器系统 1100 可以包括全向光变换器 1110，如具有全向窗 1120 和非球面反射面 1130 的光变换器 100。该全向光变换器系统 1100 还可以包括光源 1140，如 LED。

15 非球面反射面 1130 可以被设计以使光源 1140 发出的所有光线在 α'_{\min} 和 α'_{\max} 之间的角域通过全向窗 1120 被反射。相对于垂直轴有最小角 (α_{\min}) 的光线应在最大仰角 (α'_{\max}) 的方向反射，有最大角 (α_{\max}) 的光线应在最小仰角 (α'_{\min}) 的方向反射。因此，将形成出射光束的光束腰以最小化全向窗的垂直尺寸。

20 图 11(a)-(c) 为使用具有 $f'(\alpha') = 1/\tan^2(\alpha')$ 角分布的源光强进行二次方倒数规律补偿的典型的示意图。图 11(a)-(c) 图示说明了观察从光变换器和光源 1210 发出的光的观察器 1220。为了分析，用某一公知的函数 $f(\alpha)$ 描述光源 1210 的空间光分布。假设在垂直面内，光变换器所输出的光强分布用任意函数 $f'(\alpha')$ 描述，该函数可以满足预先定制的要求。例如，如果该要求需要从不同距离有相等的可见度（例如，为补偿二次方

25 倒数规律），这个函数应反比于 $\tan^2(\alpha')$ 。该二次方倒数规律得到 $E = \frac{I(\alpha)}{D^2}$ ，其中 E 是照明度，I 是源光强，D 是距离。因为 $D = \frac{H}{\tan(\alpha)}$ 和 $I(\alpha) = EH^2 \frac{1}{\tan^2 \alpha}$ 或者 $f'(\alpha') = \frac{c}{\tan^2 \alpha'}$ ，其中 c 是常数。

反射面 1130 的设计是一个迭代的过程。图 12 为如何逐步地为具有增量 $\Delta \alpha$ 的许多发射的光线 AB、AC 等设计反射面 1320 的典型的示意图。图

12 包括光源 1310 和输出窗口 1330。如果已经从顶点 O 到点 B 设计了反射面 1320，那么反射面 1320 的下一点 C 可以通过如下公式得到：

$$a \cdot f(\alpha) \cdot \Delta\alpha = f'(\alpha') \cdot \Delta\alpha' \quad (1)$$

其中 a 对于整个设计周期是常数。公式 (1) 中的条件意味着在 $\Delta\alpha'$ 扇区所输出的能量等于 $\Delta\alpha$ 扇区所发射的能量乘以因子 a。因子 a 如公式 (2) 所示：

$$a \cdot \int_0^{\alpha_{\max}} f(\alpha) \cdot d\alpha = \int_{\alpha_{\min}}^{\alpha_{\max}} f'(\alpha') \cdot d\alpha' \quad (2)$$

通过输出功率函数 $f'(\alpha')$ ，边界条件 α_{\min} 和 α_{\max} 将单值地确定参数 a。因此，如图 12 所示，其中 $\alpha' = \alpha'_F$ ，且

$$10 \quad \alpha'_F = \alpha'_L + \Delta\alpha' \quad (3)$$

是反射锥的局部角 (local angle)， β 可以通过如下反射定律得到：

$$\beta = \frac{(90^\circ - \alpha'_F + \alpha'_L)}{2} \quad (4)$$

已知点 B 的下一点 C 的坐标可以从如下线性方程系统通过光线 AC 与局部圆锥面的交点得到。

15

$$\begin{cases} Y - Y_B = \tan \beta \cdot (Z_C - Z_B) \\ Y = Z \cdot \tan \alpha \end{cases} \quad (5)$$

其中第二个方程是从点 A 出发相对于 z-轴有角 α 的光线的方程。于是

$$Z_C = \frac{Y_B - \tan \beta \cdot Z_B}{\tan \alpha - \tan \beta} \quad (6)$$

20 和，

$$Y_C = Z_C \cdot \tan \alpha \quad (7)$$

这可以从点 C 到反射面 1320 上一个新的点重复这一过程，直到出射角 α' 未达到 α_{\max} 。

25 图 13 为用于通过控制器 1050 设计光变换器的典型的流程图的示意图。在步骤 1405，控制器 1050 接收初始数据。该初始数据可以包括最小角，最大角，和相对于光源的光变换器的初始设计点 (A0) 的位置或距离。在步骤 1410，控制器 1050 在输入最小和最大角的基础上计算非球面反射面常数。在步骤 1415，控制器 1050 为设计流程设定初始点和角度。

在步骤 1420, 控制器 1050 计算光变换器的反射面的局部角。在步骤 1425, 控制器 1050 计算沿着光变换器的反射面的下一个点的坐标。在步骤 1430, 控制器 1050 计算光变换器的反射面的反射角中的差值。在步骤 1435, 控制器 1050 为光变换器的反射面设置新的点。在步骤 1440, 控制器 1050 确定计算所得的反射角是否大于所接收的最小角。如果所计算的反射角不大于所接收的最小角, 则控制器 1050 返回到步骤 1420。如果所计算的反射角大于所接收的最小角, 则控制器 1050 前进到步骤 1445。在步骤 1445, 控制器 1050 输出光变换器的反射面的最终设计。在步骤 1450, 流程图结束。

10 本方法图示说明了控制器 1050 如何设计一个具有预定光分布模式的光变换器。因此, 控制器 1050 基于所接收的该光变换器的一部分的位置, 根据所接收的最大和最小输出角, 迭代计算光变换器上反射光源所提供的光线的点。

15 在一些情况中, 当单源的光强分布不能提供足够的照明以满足理想的要求时, 就可以实施如上述图 5 所示的具有多个光源的替代设计。图 14(a)-(c) 为一个系统 1500 的典型的示意图, 该系统通过垂直面中精确预定的光强分布提供水平面中的全向的照明模式。多个等同的光源 1510 在水平面 (XOY) 构成一个圆形的阵列, 并被环形精密光学变换器 1520 所包围。该变换器 1520 被设计来提供水平面强度分布的最小影响和垂直平面
20 中预定的精确的强度分布。例如, 图 14(b) 图示说明了变换器如何提供从输入光的 β 角到输出光的 β' 角的强度分布的截面图, 其中 $\beta/2$ 和 $\beta'/2$ 分别代表 β 和 β' 的一半。

图 14(c) 说明了如何通过迭加单独的出射模式 $\alpha'_1, \alpha'_2, \alpha'_3$ 等的方法生成水平模式。当为特定的光源 1510 给出理想的角强度分布时, 选择
25 光源 1510 的数目和它们相对位置以提供一个具有预定的非均一性的水平包络成为可能。图 15(a) 和 (b) 分别为照明系统 1500 的所得的包络和迭加的强度分布模式的典型的示意图。图 15(a) 和 (b) 图示说明了以间隔相等的 36° 角放置的 10 盏 LED 的例子, 这种放置提供了 $\pm 5\%$ 非均一性的包络。

图 16 为一个环形精确的光学变换器 1700 垂直剖面的典型的示意图;

通过合并该光学变换器 (AOB) 的中心部分的非球面透镜 1710, 构件 1720 和 1730 生成垂直模式。例如, 构件 1730 包括变换器的外围设备 (CDE)。构件 1720 和 1730 可以包括平面光学窗 1740 和 1750 和全内反射面 1760 和 1770。该非球面透镜 1710 将所有在角度 $\frac{\beta_1}{2}$ 内发射的光线变换为由 β'_{\max} 出射角的光线所限制的模式 (例如, 光线 1')。外围设备的性能基于全内反射, 由此所有在角度 $\frac{\beta_1}{2}$ 和 $\frac{\beta_2}{2}$ 之间的光线将从全内反射面 1770, 通过平面光学窗 1750 被反射, 并被调节在角度 β''_{\min} 和 β''_{\max} 之间的区域 (例如, 光线 2')。非球面透镜轮廓和全内反射面形状都可以作为在垂直平面中的预定的强度分布的函数来计算, 使用根据图 9-14 所描述的方法和程序。本概念和设计提供了具有很高比率 ($\frac{\beta}{\beta_1}$ 可达 50) 的光转换, 由于不合理的尺度, 这通过传统非球面光学是不可行的。

图 17 为一个用于高架的全向照明器的光学变换器的典型的示意图。该照明器可以包括光源 1810, 输入面 1820, 反射面 1830 和光通道 1840。该光源 1810 可以位于与输入面 1820 距离 d 的位置。此外, 输入面可以是以 R 为半径的半球面。另外, 反射面 1830 可以根据图 9-14 所揭示的方法进行设计。

在工作时, 光源 1810 可以通过输入面 1820 传输光。该输入面 1820 可以用全内反射的方法引导光通过光通道 1840 到达反射面 1830。该反射面 1830 可以根据特定的分布模式反射光。例如, 该反射面 1830 可以反射在角 α' 的光, 其中 α' 位于 α'_{\min} 和 α'_{\max} 之间。此外, 该反射面可以用类似于在图 3 中所示的半嵌入全向照明器 300 的方式反射光。

本发明的方法最好在编程处理器上实现。但是, 该方法也可以在通用或专用目的计算机、编程微处理器或微控制器和外部集成电路元素, ASIC 或其他集成电路, 硬件电子或逻辑电路诸如离散元件电路, 可编程逻辑器件, 如 PLD, PLA, FPGA 或 PAL 等等。一般说来, 任何在其上驻留能够实现如图所示的流程图的有限状态机 (finite state machine) 的器件可以用来实现本发明的处理器的功能。

虽然本发明通过其一些具体的实施例进行说明, 但是很多替代、改进和变化对于本领域的技术人员是清楚的。因此, 这里所提出的本发明的最

优实施例意欲于说明性，而不是限制性的。可以进行不同的不背离本发明的精神和范围的改进。

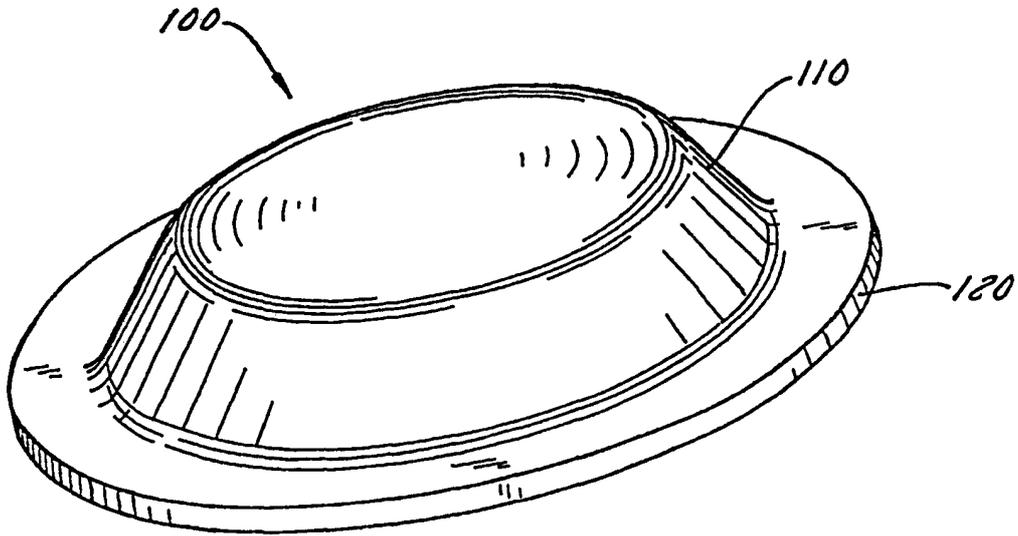


图1

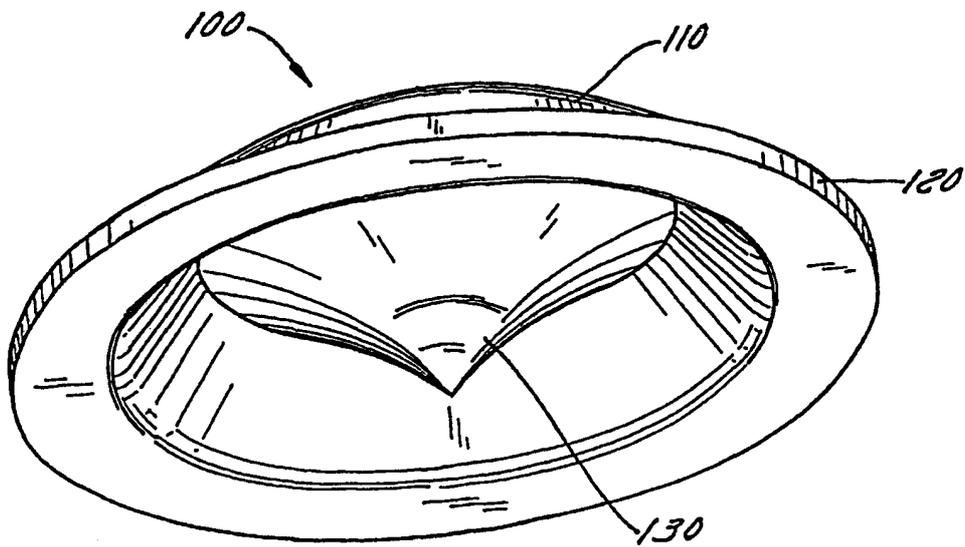


图2

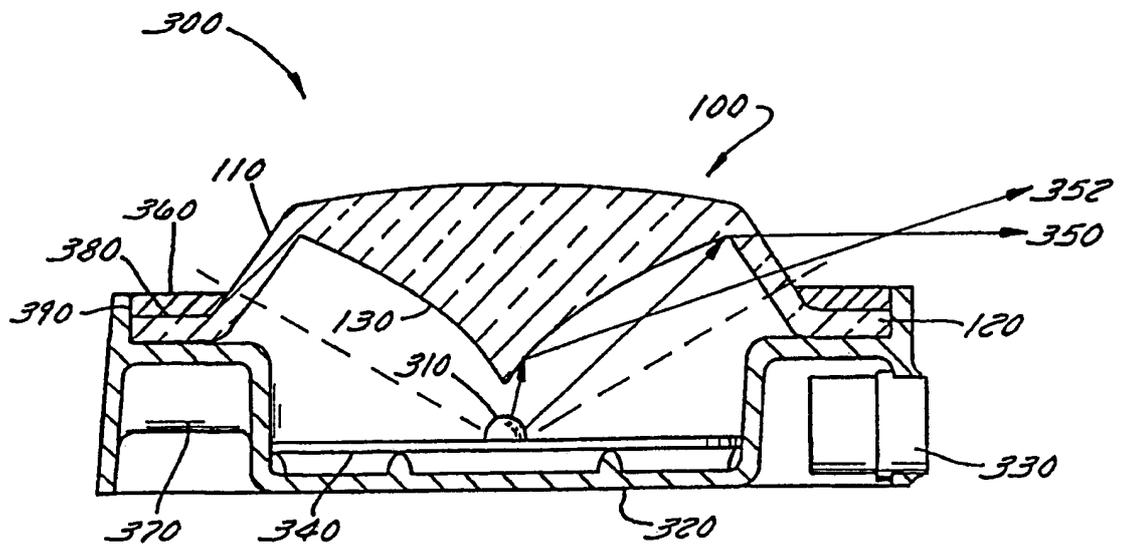
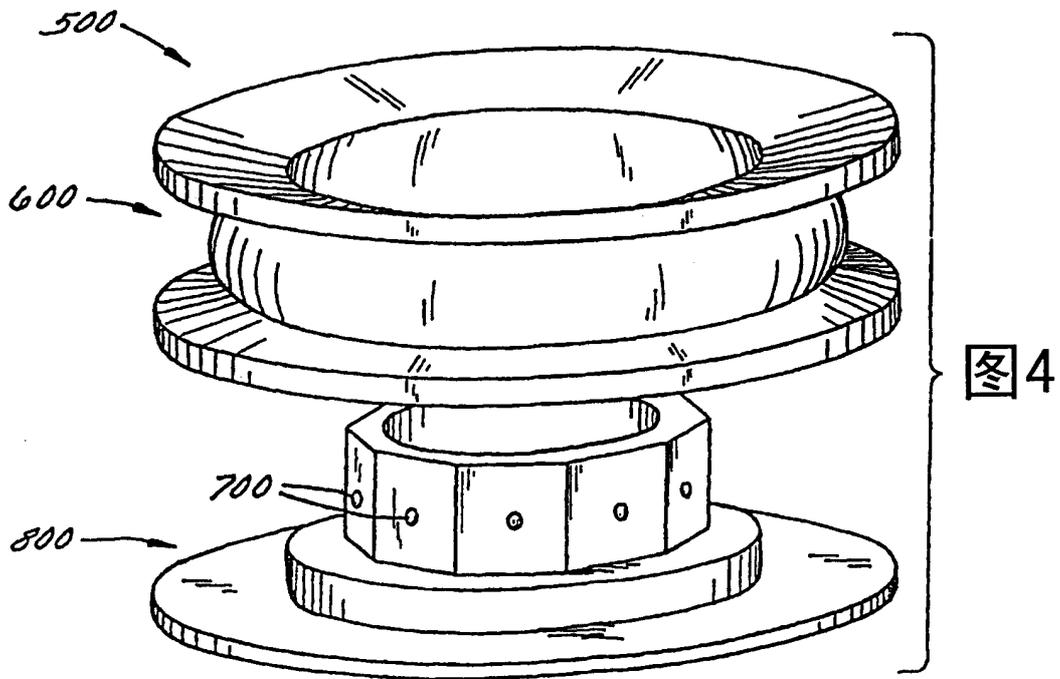


图3



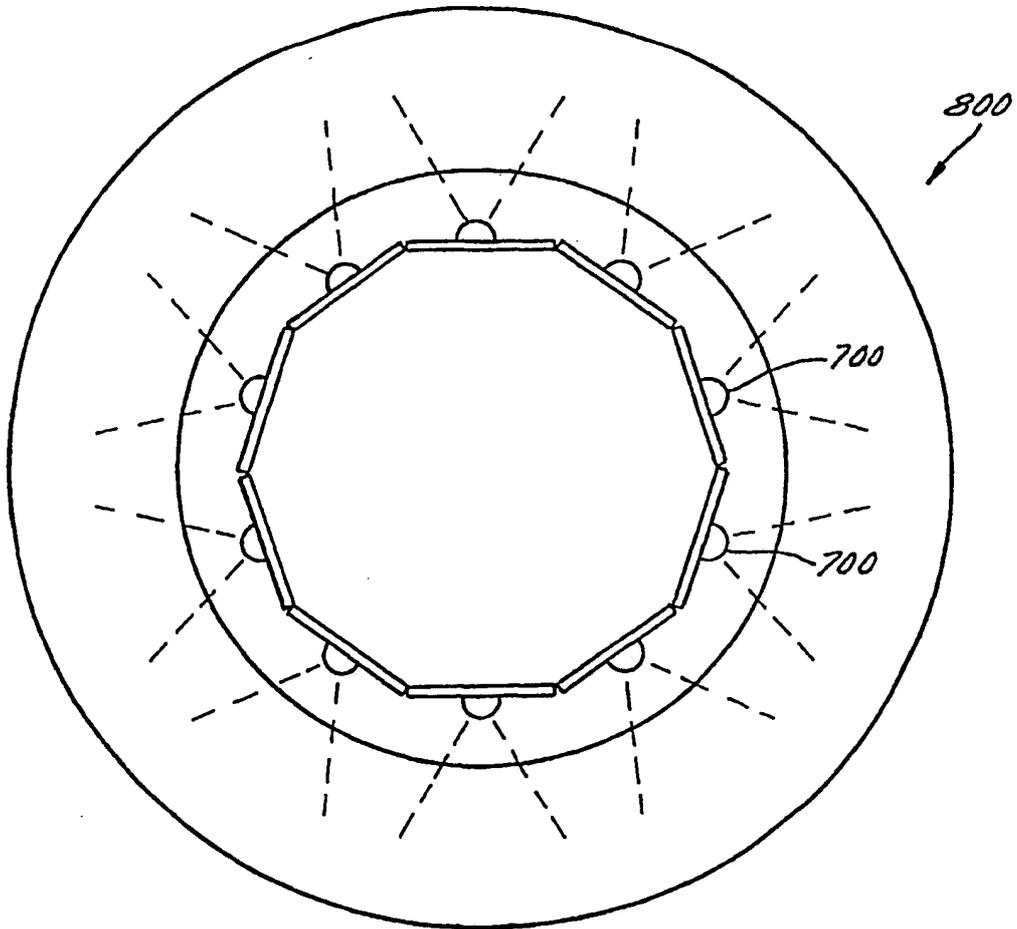


图5

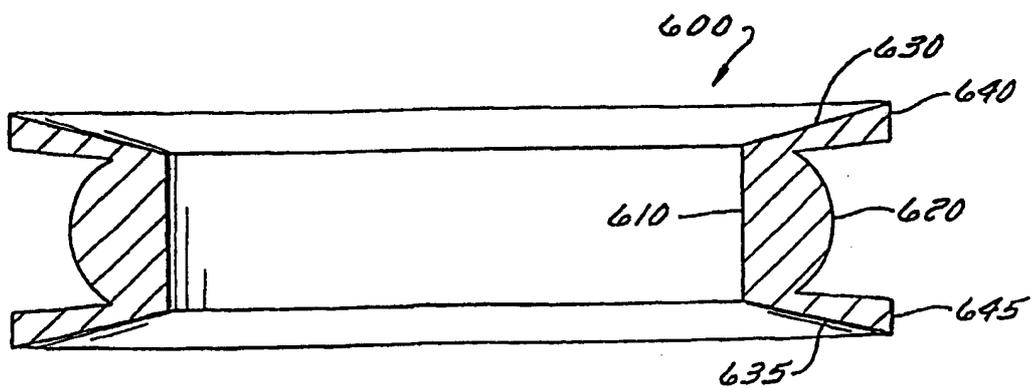


图6

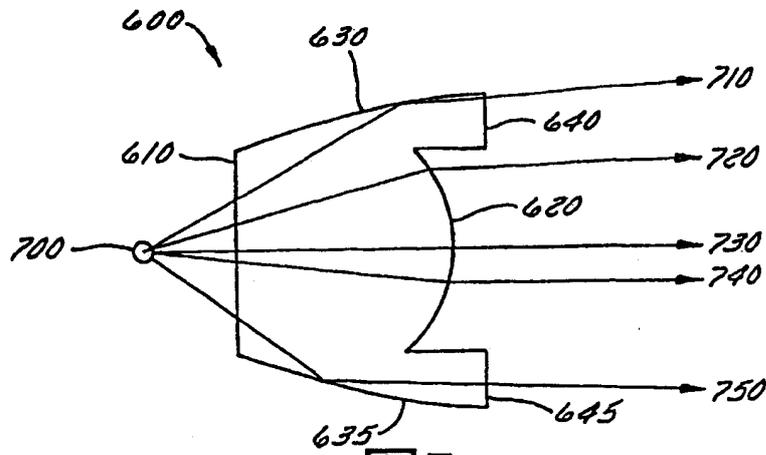


图7

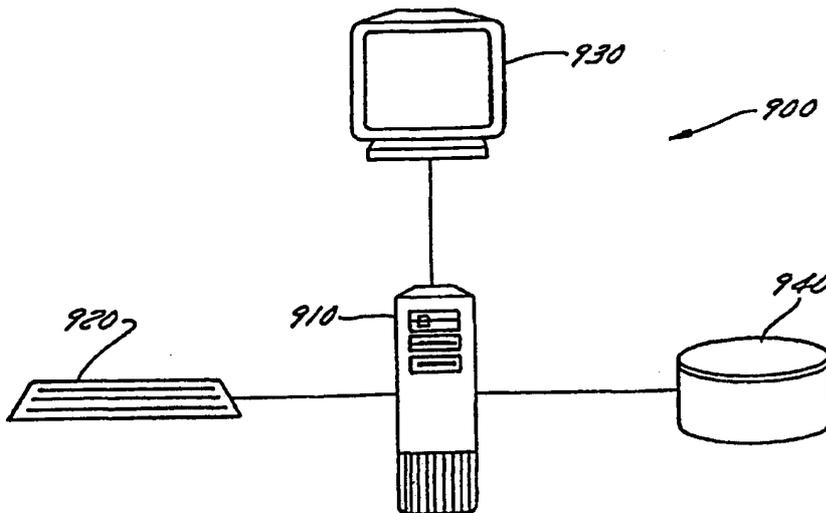


图8

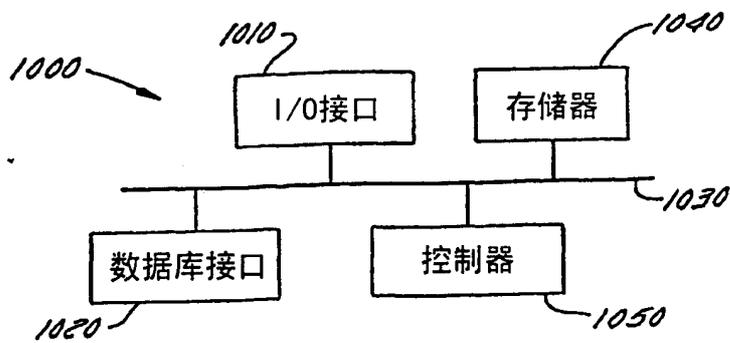


图9

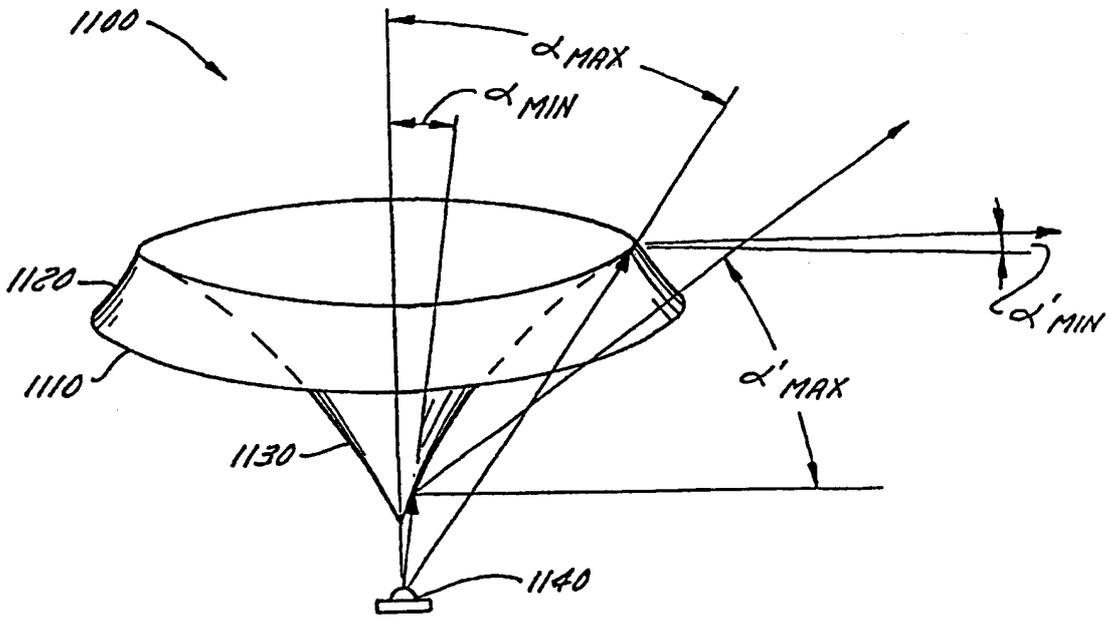


图10

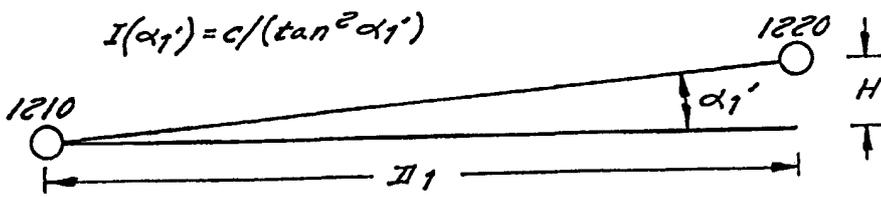


图11A

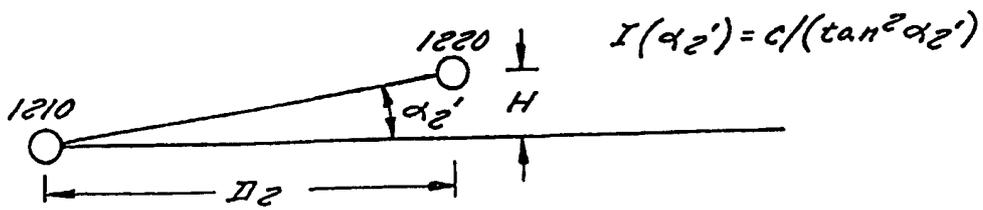


图11B

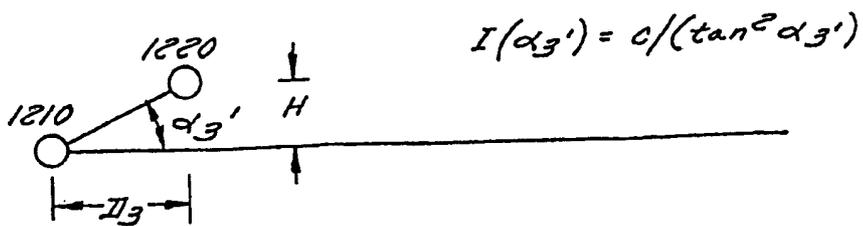


图11C

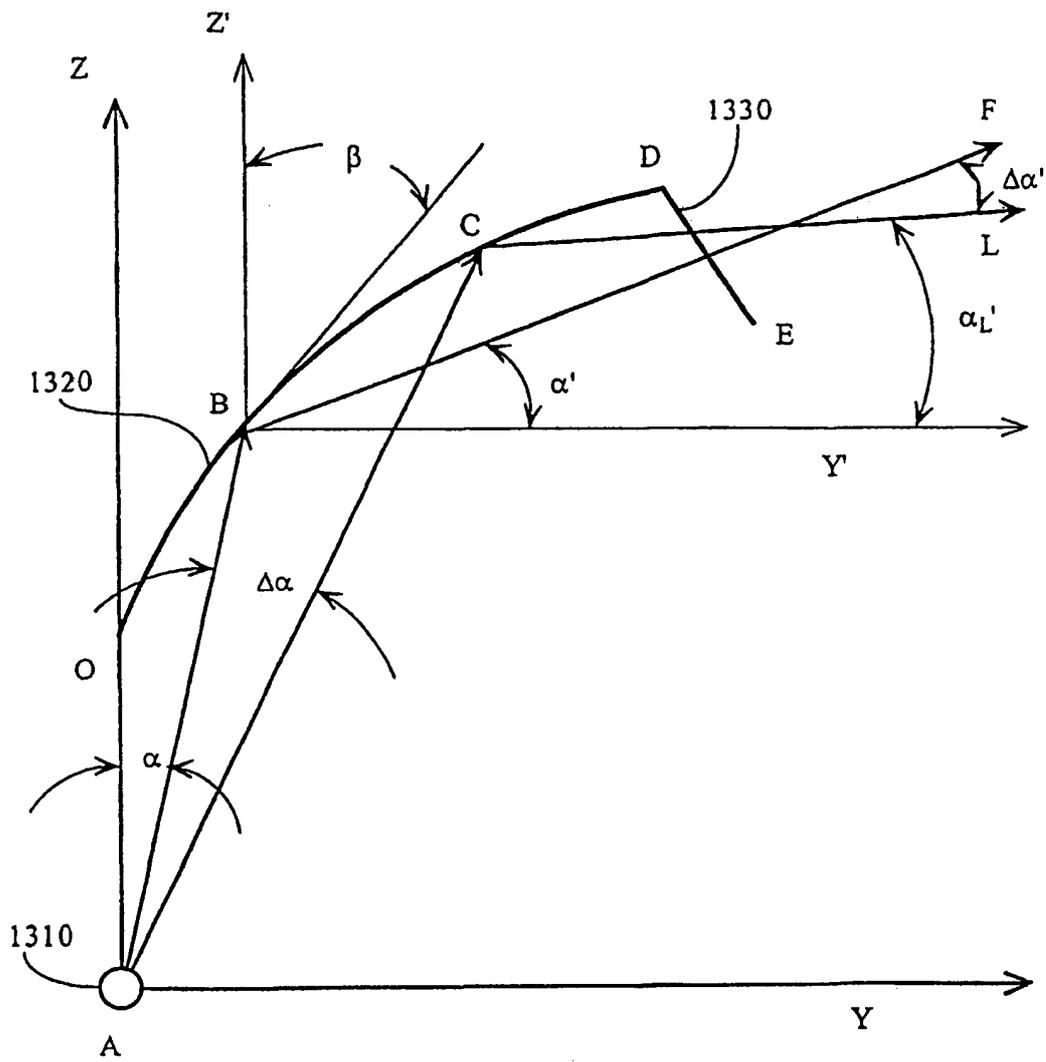


图12

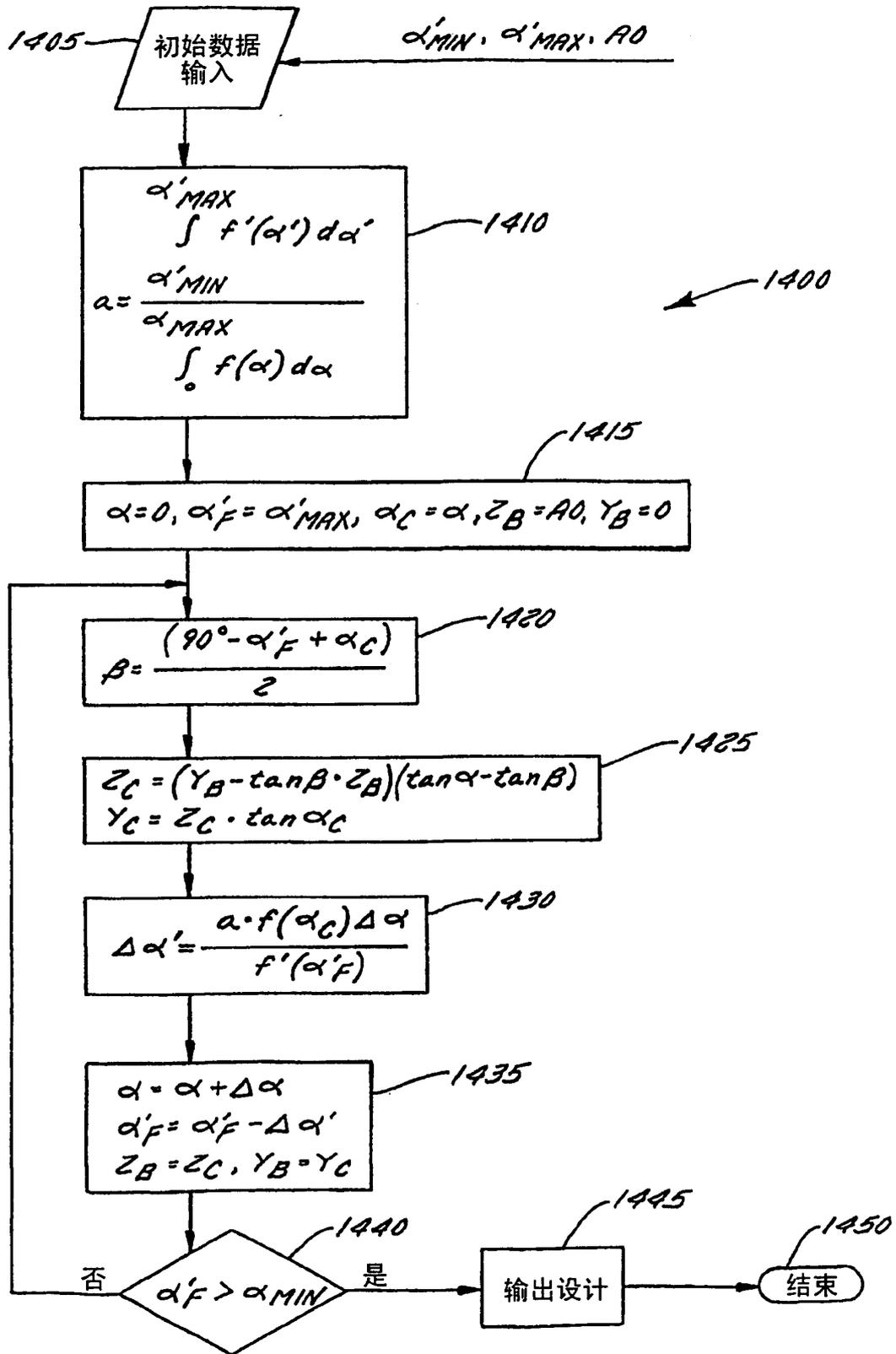
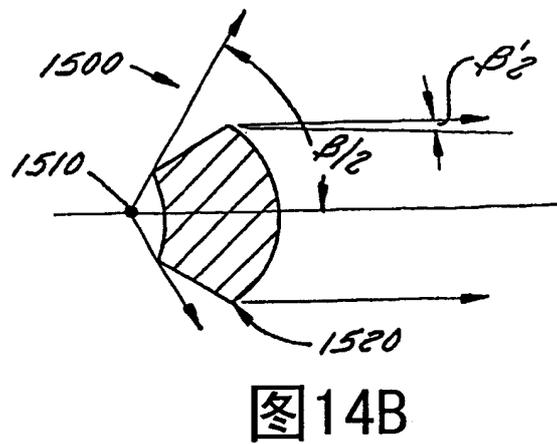
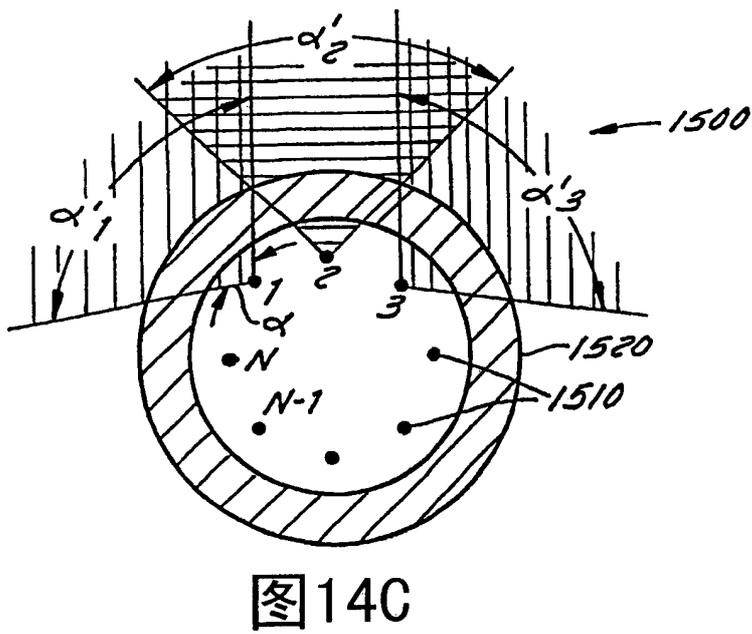
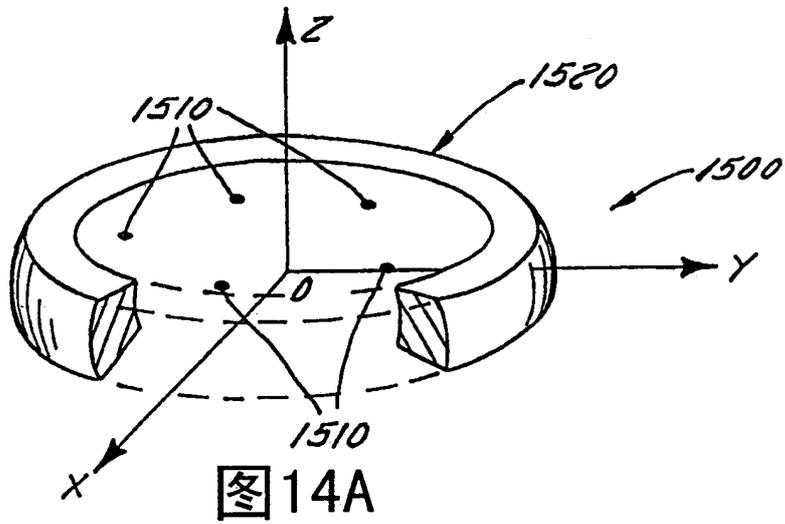


图 13



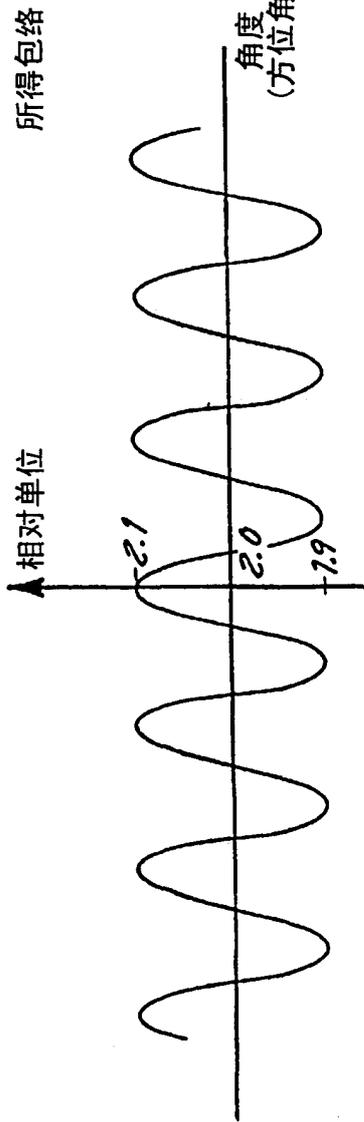


图15A

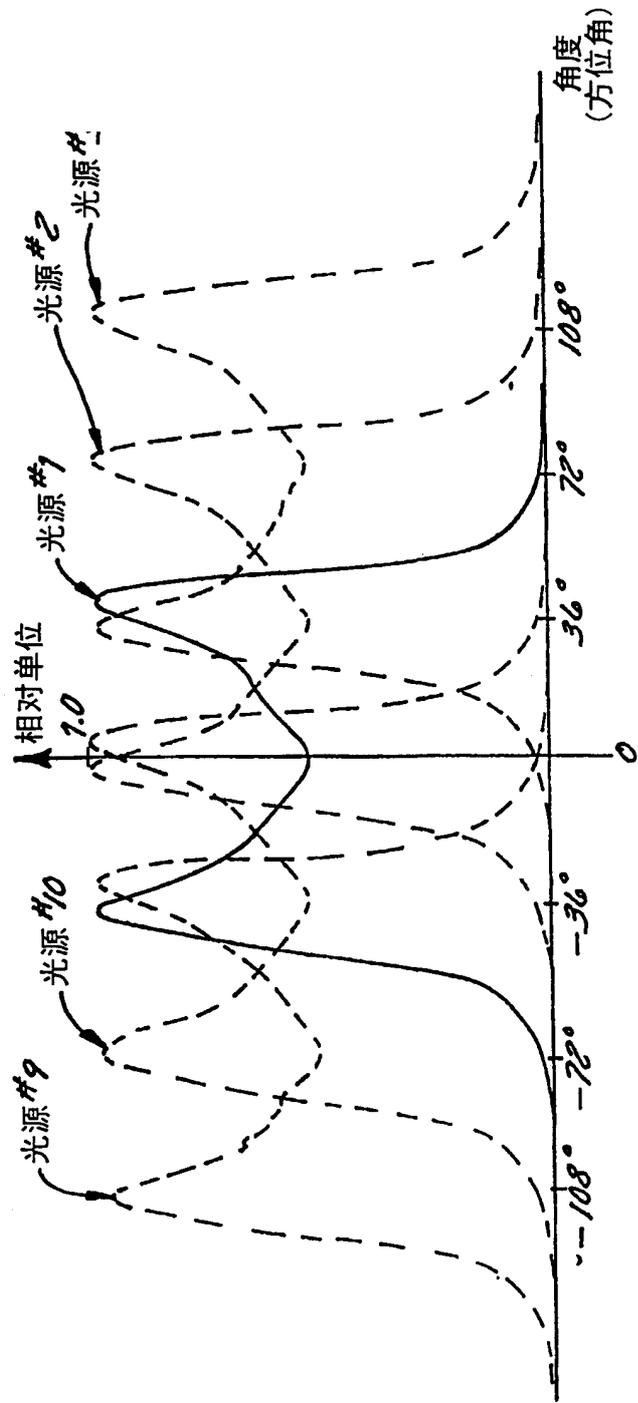


图15B

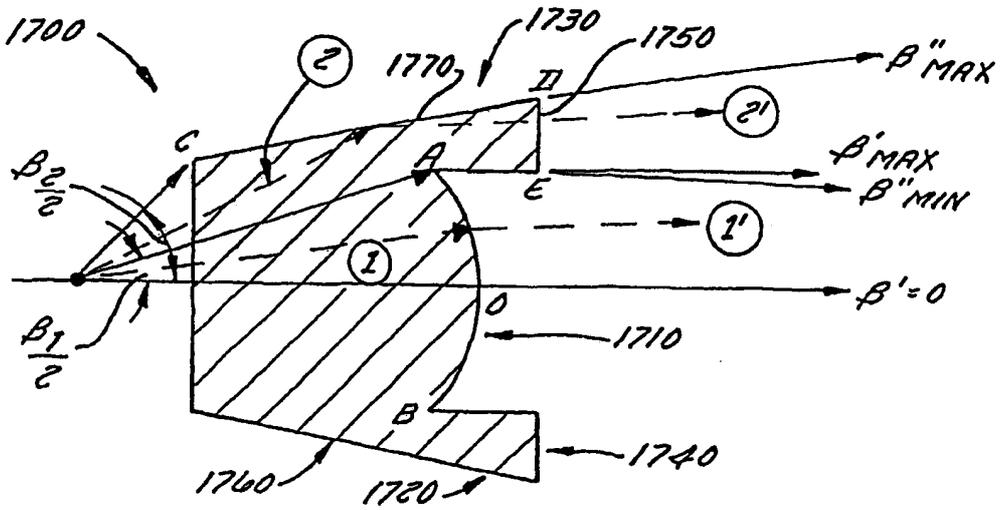


图16

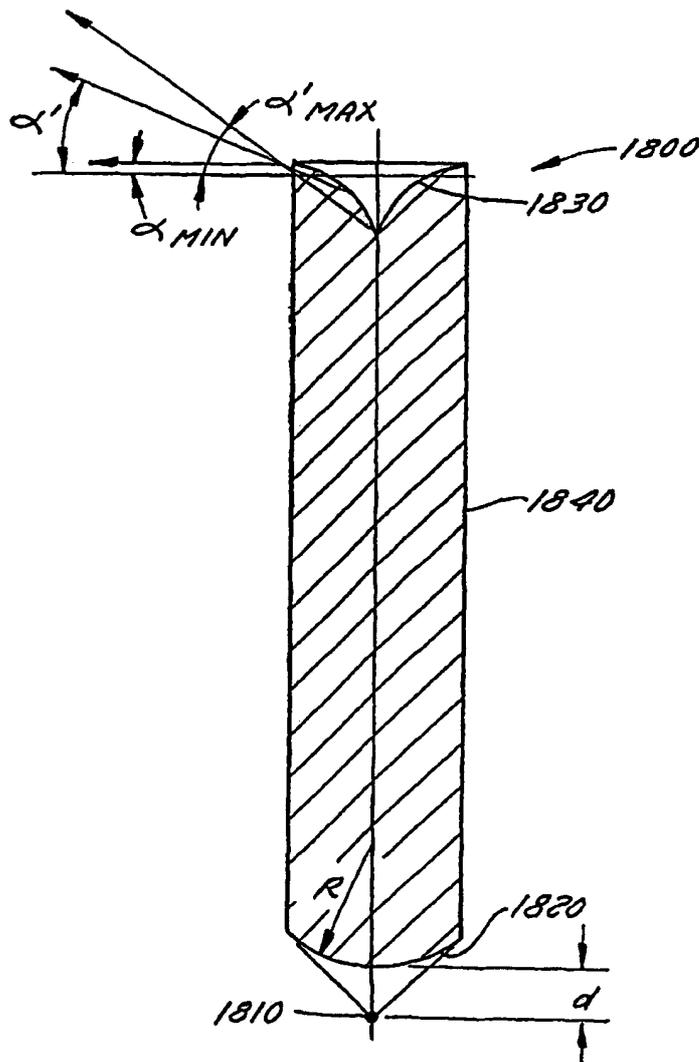


图17