



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105849624 B

(45)授权公告日 2019.03.19

(21)申请号 201480070033.1

(22)申请日 2014.07.11

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105849624 A

(43)申请公布日 2016.08.10

(30)优先权数据
61/901,846 2013.11.08 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.06.20

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/CA2014/050660 2014.07.11

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/066801 EN 2015.05.14

(73)专利权人 国家光学研究所
地址 加拿大魁北克

(72)发明人 F.拉蒙塔涅 N.德斯诺耶斯

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 葛青

(51)Int.Cl.
G02B 27/62(2006.01)
G02B 7/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 1293376 A,2001.05.02,全文.
US 6144509 A,2000.11.07,全文.
JP 2012173366 A,2012.09.10,全文.
US 5510935 A,1996.04.23,全文.
US 5177641 A,1993.01.05,全文.

审查员 宋晓诗

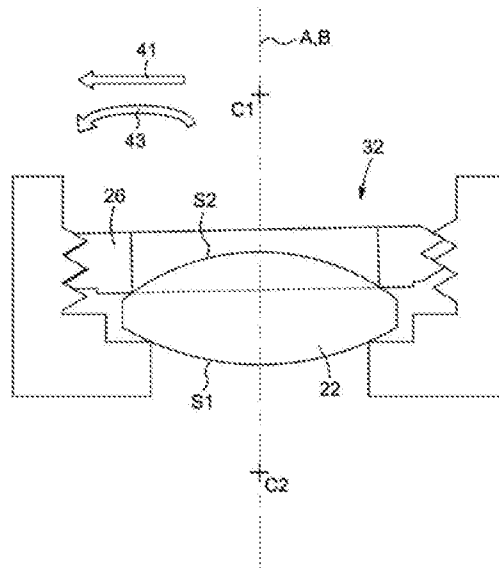
权利要求书6页 说明书18页 附图43页

(54)发明名称

光学元件在镜筒内的自动定心

(57)摘要

提供了光学元件在镜筒内的自动定心。光学元件安装在镜筒的腔室内。光学元件的第一表面接合设置在腔室中的座。保持环通过互补的镜筒和环螺纹螺接合在镜筒上。保持环26接合光学元件的第二表面的周边区域,由此将光学元件固定在座与保持环之间。第二表面的周边区域的空间轮廓和镜筒螺纹的轮廓考虑自动定心条件而选择,其中,保持环的任何偏心和保持环的相应倾斜对光学元件的定心具有制衡作用。提供了光学组件和安装方法。



1. 一种用于将光学元件安装在镜筒内的方法,所述光学元件具有相对的第一和第二表面,所述第二表面包括周边区域,所述镜筒限定包括座的腔室,所述腔室具有中心轴线,该方法包括以下步骤:

- a) 提供保持环,其具有邻接部,用于接合所述光学元件的第二表面的周边区域;
- b) 确定自动定心条件,其中,所述保持环的任何偏心和保持环关于中心轴线的相应倾斜对光学元件关于中心轴线的定心具有制衡作用,
- c) 考虑到所述自动定心条件,为一组镜筒螺纹选择螺纹轮廓的螺纹角或局部有效螺纹角,并且为所述第二表面的周边区域选择空间轮廓的曲率半径或局部曲率半径;
- d) 根据在步骤c)中选择的螺纹角或局部有效螺纹角,为镜筒设置镜筒螺纹,且为保持环设置与所述镜筒螺纹互补的环螺纹;
- e) 如果必要,根据为其选择的曲率半径或局部曲率半径至少改变所述第二表面的周边区域;
- f) 将所述光学元件定位在腔室中,其中,所述第一表面邻接在座上;和
- g) 将所述保持环与镜筒螺纹接合直到保持环的邻接部接合光学元件的第二表面,由此将所述光学元件固定在座和所述保持环之间,

其中,在步骤b)确定的自动定心条件对应于:

$$\frac{d_{\text{环}}}{2 \tan\left(\frac{\varphi_{\text{螺}}}{2}\right)} = \sqrt{R^2 - Y^2}$$

或

$$\frac{d_{\text{环}}}{2 \tan\left(\frac{\varphi_{\text{螺}}}{2}\right)} = \sqrt{R^2 - Y^2} + h + \frac{T}{2}$$

或

$$\frac{d_{\text{环}}}{2 \tan(\omega_L)} = \sqrt{\left(\frac{Y}{\sin(\beta)}\right)^2 - Y^2} + h + \frac{T}{2}$$

其中:

$d_{\text{环}}$ 是所述保持环沿环螺纹的直径;

R 是所述第二表面沿其周边区域的曲率半径的值;

$\varphi_{\text{螺}}$ 是所述镜筒螺纹的螺纹角的值;

Y 是所述保持环的邻接部的半直径;

β 是局部等效环-光学元件角,其与第二表面的周边区域的空间轮廓的局部曲率半径相关;

ω_L 是局部有效螺纹角;

h 是沿腔室的纵向方向在(i)靠近所述光学元件的镜筒螺纹与环螺纹的第一接触点与(ii)所述保持环的邻接部与第二表面的周边区域的接触点之间的距离;和

T 是沿腔室的纵向方向在(i)靠近所述光学元件的镜筒螺纹与环螺纹的第一接触点和(ii)距所述光学元件最远且与第一接触点直径上相对的镜筒螺纹与环螺纹的最后接触点之间的距离。

2. 如权利要求1所述的方法,其中,所述光学元件是透镜、镜面、衍射光学元件或针孔。

3. 如权利要求1所述的方法,其中,所述光学元件的第一和第二表面的每个是平的、凹的或凸的。

4. 如权利要求1所述的方法,其中,所述光学元件包括:

套筒,其具有限定所述第一和第二表面的相对端部;和

一个或多个光学部件,安装在所述套筒中且关于其定心。

5. 如权利要求1所述的方法,其中,所述镜筒螺纹的螺纹轮廓具有三角形形状或梯形形状。

6. 如权利要求1所述的方法,其中,所述保持环插入在腔室内,所述镜筒螺纹设置在镜筒的内壁上,而所述环螺纹设置在保持环的外周上。

7. 如权利要求1所述的方法,其中,所述保持环包括:

设置有所述环螺纹的外环形段,所述环螺纹向内面向所述腔室,所述镜筒螺纹向外面向所述腔室;

内环形段,在所述腔室内延伸,且包括所述保持环的邻接部。

8. 如权利要求1至7中的任一项所述的方法,其中,所述第二表面的周边区域的空间轮廓通过整个第二表面的曲率半径限定,所述曲率半径根据光学元件的目标光学属性预确定,所述自动定心条件在步骤b)中考虑到第二表面的所述曲率半径而被确定。

9. 如权利要求8所述的方法,其中,在步骤b)中确定的自动定心条件包括根据以下计算所述镜筒螺纹的螺纹角 $\varphi_{\text{螺}}$:

$$\varphi_{\text{螺}} = 2 \tan^{-1} \left(\frac{d_{\text{螺}}}{2\sqrt{R^2 - Y^2}} \right),$$

10. 如权利要求8所述的方法,其中,在步骤b)中确定的所述自动定心条件包括根据以下计算所述镜筒螺纹的螺纹角 $\varphi_{\text{螺}}$:

$$\varphi_{\text{螺}} = 2 \tan^{-1} \left(\frac{d_{\text{螺}}}{2\sqrt{R^2 - Y^2 + 2h + T}} \right),$$

11. 如权利要求8所述的方法,其中,步骤c)的选择包括为所述镜筒螺纹的螺纹角选择与55或60度不同的值。

12. 如权利要求1至7中的任一项所述的方法,其中,所述光学元件的第二表面包括中央区域,该中央区域具有根据光学元件的目标光学属性预确定的空间轮廓,在步骤b)中确定自动定心条件所用的周边区域的空间轮廓不同于所述中央区域的空间轮廓。

13. 如权利要求12所述的方法,其中,在步骤b)中确定的自动定心条件包括根据以下计算曲率半径R:

$$R = \sqrt{\left(\frac{d_{\text{螺}}}{2 \tan(\varphi_{\text{螺}}/2)} \right)^2 + Y^2}.$$

14. 如权利要求12所述的方法,其中,在步骤b)中确定的自动定心条件包括根据以下计算曲率半径R:

$$R = \sqrt{\left(\frac{d_{\text{环}}}{2 \tan\left(\frac{\varphi_{\text{有效}}}{2}\right)} - h - \frac{T}{2} \right)^2 + Y^2}$$

15. 如权利要求1至7中的任一项所述的方法,其中,所述镜筒螺纹的螺纹轮廓和第二表面的周边区域的空间轮廓中的至少一个在步骤c)中被选择,以匹配用于满足在预确定定心要求内的自动定心条件的值。

16. 如权利要求1至4中的任一项所述的方法,其中,所述镜筒螺纹的螺纹轮廓具有非对称形状且通过有效螺纹角限定。

17. 如权利要求16所述的方法,其中,所述有效螺纹角关于与腔室的中心轴线垂直的平面P具有负值,其中,所述镜筒螺纹的两个表面沿在腔室内的向下斜坡以几乎相同的方向成角度。

18. 一种光学组件,包括镜筒,所述镜筒限定具有中心轴线的腔室,该光学组件包括一个或多个自动定心光学布置,每个自动定心光学布置包括:

光学元件,安装在腔室内且具有相对的第一和第二表面,所述第二表面包括具有空间轮廓的周边区域;

座,设置在所述腔室中,且接合所述光学元件的第一表面;

一组镜筒螺纹,具有螺纹轮廓;以及

保持环,通过与所述镜筒螺纹互补的一组环螺纹附连至镜筒,所述保持环具有邻接部,其接合光学元件的第二表面的周边区域,由此将光学元件固定在所述座与保持环之间;

其中,对于每个所述自动定心光学布置,所述第二表面的周边区域的空间轮廓的曲率半径或局部曲率半径和镜筒螺纹的螺纹轮廓的螺纹角或局部有效螺纹角考虑到自动定心条件而选择,其中,所述保持环的任何偏心和保持环关于中心轴线的相应倾斜对光学元件关于中心轴线的定心具有制衡作用,并且其中,

所述自动定心条件对应于:

$$\frac{d_{\text{环}}}{2 \tan\left(\frac{\varphi_{\text{有效}}}{2}\right)} = \sqrt{R^2 - Y^2}$$

或

$$\frac{d_{\text{环}}}{2 \tan\left(\frac{\varphi_{\text{有效}}}{2}\right)} = \sqrt{R^2 - Y^2} + h + \frac{T}{2}$$

或

$$\frac{d_{\text{环}}}{2 \tan(\alpha_L)} = \sqrt{\left(\frac{Y}{\sin(\beta)}\right)^2 - Y^2} + h + \frac{T}{2}$$

其中:

$d_{\text{环}}$ 是所述保持环沿环螺纹的直径;

R 是所述第二表面沿其周边区域的曲率半径的值;

α 是所述镜筒螺纹的螺纹角的值；

Y 是所述保持环的邻接部的半直径；

β 是局部等效环-光学元件角, 其与第二表面的周边区域的空间轮廓的局部曲率半径相关；

ω_L 是局部有效螺纹角；

h 是沿腔室的纵向方向在 (i) 靠近所述光学元件的镜筒螺纹与环螺纹的第一接触点与 (ii) 所述保持环的邻接部与第二表面的周边区域的接触点之间的距离；和

T 是沿腔室的纵向方向在 (i) 靠近所述光学元件的镜筒螺纹与环螺纹的第一接触点与 (ii) 距所述光学元件最远且与第一接触点直径上相对的镜筒螺纹与环螺纹的最后接触点之间的距离。

19. 如权利要求18所述的光学组件, 其中, 对于所述自动定心光学布置中的至少一个, 所述光学元件是透镜、镜面、衍射光学元件或针孔。

20. 如权利要求18所述的光学组件, 其中, 对于所述自动定心光学布置中的每一个, 所述光学元件是透镜。

21. 如权利要求18所述的光学组件, 其中, 对于所述自动定心光学布置中的每一个, 所述光学元件的第一和第二表面中的每一个是平的、凹的或凸的。

22. 如权利要求18所述的光学组件, 其中, 对于所述自动定心光学布置中的至少一个, 所述光学元件包括：

套筒, 其具有限定所述第一和第二表面的相对端部；和

一个或多个光学部件, 安装在所述套筒中且关于其定心。

23. 如权利要求22所述的光学组件, 其中, 所述光学部件中的每一个是透镜、镜面或衍射光学元件。

24. 如权利要求22所述的光学组件, 其中, 所述光学部件的至少一个自动定心在套筒中。

25. 如权利要求18所述的光学组件, 其中, 对于所述自动定心光学布置中的至少一个, 所述镜筒螺纹的螺纹轮廓具有三角形形状或梯形形状。

26. 如权利要求18所述的光学组件, 其中, 对于所述自动定心光学布置中的至少一个, 所述螺纹轮廓与标准制定机构建立的标准螺纹不同。

27. 如权利要求18所述的光学组件, 其中, 对于所述自动定心光学布置中的至少一个, 所述保持环插入在腔室内, 所述镜筒螺纹设置在镜筒的内壁上, 并且所述环螺纹设置在保持环的外周上。

28. 如权利要求18所述的光学组件, 其中, 对于所述自动定心光学布置中的至少一个, 所述保持环包括：

设置有所述环螺纹的外环形段, 所述环螺纹向内面向腔室, 所述镜筒螺纹向外面向所述腔室；

内环形段, 在腔室内延伸, 且包括保持环的邻接部。

29. 如权利要求18至28中的任一项所述的光学组件, 其中, 对于所述自动定心光学布置中的至少一个, 所述镜筒螺纹的螺纹角具有并非55或60度的值。

30. 如权利要求27所述的光学组件, 其中, 对于所述自动定心光学布置中的至少一个,

所述第二表面的周边区域的空间轮廓通过第二表面的曲率半径限定,所述曲率半径根据光学元件的目标光学属性预确定,所述自动定心条件考虑到第二表面的所述曲率半径而被确定。

31. 如权利要求18至28中的任一项所述的光学组件,其中,对于所述自动定心光学布置中的至少一个,所述镜筒螺纹的螺纹轮廓具有弯曲形状。

32. 如权利要求18至28中的任一项所述的光学组件,其中,对于所述自动定心光学布置中的至少一个,所述光学元件的第二表面包括中央区域,其具有根据光学元件的目标光学属性预确定的空间轮廓,考虑所述自动定心条件而选择的所述第二表面的周边区域的空间轮廓不同于中央区域的空间轮廓。

33. 如权利要求18至28中的任一项所述的光学组件,其中,对于所述自动定心光学布置中的至少一个,所述第二表面的周边区域的空间轮廓考虑到所述自动定心条件而被改变。

34. 如权利要求33所述的光学组件,其中,对于所述自动定心光学布置中的所述至少一个,所述第二表面的周边区域的空间轮廓通过曲率半径R确定,该曲率半径对应于:

$$R = \sqrt{\left(\frac{d_{\text{管}}}{2 \tan\left(\frac{\varphi_{\text{管}}}{2}\right)} \right)^2 + Y^2}。$$

35. 如权利要求33所述的光学组件,其中,对于所述自动定心光学布置中的至少一个,所述第二表面的周边区域的空间轮廓通过曲率半径R确定,该曲率半径对应于:

$$R = \sqrt{\left(\frac{d_{\text{管}}}{2 \tan\left(\frac{\varphi_{\text{管}}}{2}\right)} - h - \frac{T}{2} \right)^2 + Y^2}。$$

36. 如权利要求30所述的光学组件,其中,对于所述自动定心光学布置中的至少一个,所述自动定心条件包括根据以下计算所述镜筒螺纹的螺纹角 $\varphi_{\text{管}}$:

$$\varphi_{\text{管}} = 2 \tan^{-1} \left(\frac{d_{\text{管}}}{2\sqrt{R^2 - Y^2}} \right)。$$

37. 如权利要求30所述的光学组件,其中,对于所述自动定心光学布置中的至少一个,所述自动定心条件包括根据以下计算所述镜筒螺纹的螺纹角 $\varphi_{\text{管}}$:

$$\varphi_{\text{管}} = 2 \tan^{-1} \left(\frac{d_{\text{管}}}{2\sqrt{R^2 - Y^2} + 2h + T} \right)。$$

38. 如权利要求18至28中的任一项所述的光学组件,包括在所述腔室内级联的多个所述自动定心光学布置。

39. 如权利要求18至28中的任一项所述的光学组件,其中,对于所述自动定心光学布置中的至少一个,所述光学元件关于中心轴线的定心具有至少5 μm 的准确度。

40. 如权利要求18至24中的任一项所述的光学组件,其中,对于所述自动定心光学布置中的至少一个,所述镜筒螺纹的螺纹轮廓具有非对称形状,且通过有效螺纹角限定。

41. 如权利要求40所述的光学组件,其中,所述有效螺纹角关于与腔室的中心轴线垂直

的平面P具有负值,其中,所述镜筒螺纹的两个表面沿在腔室内的向下斜坡以几乎相同的方向成角度。

光学元件在镜筒内的自动定心

技术领域

[0001] 本发明涉及用于光学系统的机械部件,更特别地涉及一种具有在镜筒内自动定心的一个或多个光学元件的光学组件,以及一种用于将光学元件安装在镜筒内使得该光学元件被自动定心的方法。

背景技术

[0002] 光学元件或部件在光需要被引导、扩散(expand)、聚焦、准直或以其他方式变换或被影响的装置、系统或布置中是无所不在的。光学元件可例如通过透镜、镜面、衍射光学元件(DOE)、其组件等具体实施。

[0003] 在典型的光学系统中,大多数或所有光学元件通常需要被准确地定位且对准,以使得它们执行正确的光学功能。该定位和对准典型地涉及将光学元件固定在某种保持器或安装架中。光学元件相对于保持器的正确对准是精细操作,其通常需要严格的制造容差和仔细的处理。

[0004] 镜筒是用于光学元件的机械保持器的公知类型。镜筒典型地限定柱形腔室,其中安装有一个或多个光学元件。作为例子,透镜是一种通常安装在镜筒中的光学元件类型。在其最简单的表达中,透镜典型地包括具有相对表面的光学材料构造,至少一个表面是局部球面,或者是凸的或者是凹的。由级联布置的多个不同透镜制成的复合透镜在现有技术中也是公知的。

[0005] 图1(现有技术)示出一种双凸透镜,其具有第一和第二凸表面S1和S2,示出作为透镜特征的几何参数。每个表面S1和S2具有相应的曲率中心C1和C2,其定义为在法向向量处于距表面与表面的曲率半径R1和R2相应的距离处的点。换句话说,曲率中心C1或C2可以被假想为球面SP1或SP2的球心,透镜的相应表面S1或S2将是所述球面的一部分。透镜的光轴A可定义为连结透镜两个相对表面S1和S2的曲率中心C1和C2的线。

[0006] 透镜通常需要以几微米量级的准确度定心,考虑以上定义的所有参数。光学机械组件在现有技术中是已知的,透镜被安装和准确地定心在其中。参考图2(现有技术),示出一种典型的组件20,包括透镜22、镜筒24和保持环26。透镜22安装在镜筒24中,它的其中一个表面S1的周边与透镜座28接触。保持环26典型地螺纹接合在镜筒24内,且邻接在透镜22的与透镜座28相对的表面S2上,由此将透镜22固定在组件20中。在现有技术中已知的是,当曲率中心C1和C2二者均位于透镜镜筒24的中心轴线B上时,透镜被定心。

[0007] 包括将透镜插入透镜镜筒中然后将透镜用螺纹环固定的技术通常称为“降下(drop in)”透镜技术。通过该技术获得的定心准确度首先取决于透镜和镜筒之间的最小可允许径向间隙。通过透镜和镜筒材料的各个热膨胀系数的不匹配导致的热效应也对透镜的定心具有影响。组件部件尺寸(诸如透镜的直径、镜筒腔室的直径和沿透镜边缘的厚度差异)上的制造容差也影响定心的质量。透镜定心所需的准确度越大,透镜和镜筒二者的制造成本越高。

[0008] 降下技术的主要优势在于,组装时间可非常短,且透镜是可移除的。但是,低成本

的降下技术具有损失定心准确度的缺点。如果需要更大的准确度,降下方法可能并不适当,并且需要主动对准。在该定心方法中,透镜首先定位在腔室内,且其相对于镜筒的参考轴线的偏心度被测量。透镜然后被移动,以减小定心误差。这些步骤可被重复多次,直到透镜的偏心度符合定心要求。一旦定心,透镜通过粘合剂或其他方式固定在位。该方法提供了非常高水平的定心准确度,但是需要昂贵的设备同时是耗时的。

[0009] 虽然上述讨论主要涉及透镜,其他类型的光学元件可利用保持环安装在镜筒中,且这样的元件面临上述的相同问题。

[0010] 因此仍然需要一种将光学元件安装在镜筒中的方法,其缓解已知技术的至少一些缺点。

发明内容

[0011] 根据本发明的一个方面,提供了一种光学组件,其包括镜筒,该镜筒限定具有中心轴线的腔室。光学组件包括一个或多个自动定心光学布置。每个自动定心光学布置包括:

[0012] -光学元件,安装在腔室内且具有相对的第一和第二表面。第二表面具有周边区域,该周边区域具有空间轮廓;

[0013] -座,设置在腔室中,且接合光学元件的第一表面;

[0014] -一组镜筒螺纹,具有螺纹轮廓;

[0015] -保持环,通过与镜筒螺纹互补的一组环螺纹附连至镜筒。保持环具有邻接部,其接合光学元件的第二表面的周边区域,由此将光学元件固定在座与保持环之间。

[0016] 对于每个所述自动定心光学布置,第二表面的周边区域的空间轮廓和镜筒螺纹的螺纹轮廓考虑到自动定心条件而选择,其中,保持环的任何偏心和保持环关于腔室的中心轴线的相应倾斜对光学元件关于中心轴线的定心具有制衡作用。

[0017] 光学元件可例如是透镜、镜面、衍射光学元件(DOE)、针孔或这样的部件的组件。

[0018] 在一些实施例中,镜筒螺纹的螺纹轮廓(例如,螺纹角)考虑到光学元件的期望自动定心而被调整。在其他实施例中,被调整的是光学元件的第二表面的周边区域的空间轮廓。在其他实施例中,这两个参数可被一起适应化。

[0019] 根据本发明的另一方面,还提供一种将光学元件安装在镜筒内的方法,光学元件具有相对的第一和第二表面,第二表面具有周边区域。镜筒限定具有座的腔室,腔室具有中心轴线。

[0020] 该方法包括以下:

[0021] a) 提供保持环,其具有邻接部,用于接合光学元件的第二表面的周边区域;

[0022] b) 确定自动定心条件,其中,保持环的任何偏心和保持环关于中心轴线的相应倾斜对光学元件关于中心轴线的定心具有制衡作用;

[0023] c) 考虑所述自动定心条件为一组镜筒螺纹选择螺纹轮廓和为第二表面的周边区域选择空间轮廓;

[0024] d) 根据在步骤c)中选择的螺纹轮廓,为镜筒设置镜筒螺纹,且为保持环设置与所述镜筒螺纹互补的环螺纹;

[0025] e) 如果必要,根据为其选择的空間轮廓至少改变第二表面的周边区域;

[0026] f) 将光学元件定位在腔室中,其中,第一表面邻接在座上;和

[0027] g) 将保持环与镜筒螺纹接合直到保持环的邻接部接合光学元件的第二表面, 由此将光学元件固定在座和所述保持环之间。

[0028] 本发明的其他特征和优点将在参考附图阅读其优选实施例时更好地理解。

附图说明

[0029] 图1(现有技术)是双凸透镜的示意侧视图, 其示出作为透镜特征的几何参数。

[0030] 图2(现有技术)是透镜组件, 其示出根据现有技术安装在透镜镜筒中的双凸透镜。

[0031] 图3是根据一个实施例的光学组件的示意顶视图; 图3A是沿图3的线AA截取的横截面视图; 图3B是图3A的一部分的放大视图, 其示出光学元件的第一表面在镜筒的座上的接合; 图3C是图3A的一部分的放大视图, 其示出光学元件的第二表面的周边区域与保持环的接合。

[0032] 图4是图3的光学组件的分解视图。

[0033] 图5A至5E是光学元件的表面和座之间的不同类型的接触的示意图。

[0034] 图6A至6E是不同螺纹轮廓的示意图。

[0035] 图7A是光学组件的保持环的偏心对光学元件在镜筒内定心的影响的示意夸大视图; 图7B是光学组件的保持环的倾斜对光学元件在镜筒内定心的影响的示意夸大视图; 图7C是当满足在此解释的自动定心条件时保持环的偏心和倾斜的联合影响的示意图。

[0036] 图8A至8E示出根据本发明实施例的方法的步骤。

[0037] 图9是示出参数T和h的光学组件的示意图, 所述参数可选地用于确定自动定心条件。

[0038] 图10A是根据一个实施例的具有平凸光学元件的光学组件的示意图; 图10B是具有半月形光学元件的光学组件的实施例的示意图。

[0039] 图11A至11D是光学组件的实施例的示意图, 其中, 第二表面是凸的, 中央和周边区域具有不同的轮廓, 第一表面分别是凸的(图11A和11D)、凹的(图11B)和平的(图11C)。

[0040] 图12A至12C是光学组件的实施例的示意图, 其中, 光学元件的第二表面具有凹轮廓, 第一表面分别是凸的(图12A)、凹的(图12B)和平的(图12C)。

[0041] 图13是光学组件的实施例的示意图, 其中, 保持环螺纹连接在镜筒外侧, 用于与具有凹的第二表面的光学元件一起使用; 图13A是根据图13的实施例的光学组件的横截面透视图; 图13B是图13A的光学组件的分解视图。

[0042] 图14A和14B是光学组件的实施例的示意图, 其适于安装具有凹的第二表面的光学元件; 图14A示出螺纹接合在具有面向外的镜筒螺纹和面向内的环螺纹的镜筒内的保持环, 和图14B是组件的一部分的放大视图, 其中, 镜筒螺纹具有负螺纹角。

[0043] 图15是光学元件具有非球面表面的实施例的示意图。

[0044] 图16是光学元件具有套筒的实施例的示意图, 一个或多个光学部件安装在该套筒内。

[0045] 图17是根据一个实施例的光学组件的示意顶视图, 其包括多个自动定心的光学布置; 图17A是沿图17的线AA的横截面视图。

[0046] 图18是图17的光学组件的分解视图。

[0047] 图19是包括光学元件的光学组件的示意侧视图, 其中, 第二表面的空间轮廓在周

边区域中是非球面的；图19A是图19的一部分的放大视图，示出弯曲形状的螺纹轮廓的接合；图19B至19D示出各种非直线螺纹轮廓；图19E是图19的光学元件的侧视图。

[0048] 图20是示出根据一个实施例的参数的概念图，所述参数在归纳自动定心条件时考虑。

[0049] 图21是根据一个实施例的光学组件的一部分的示意侧视图，突出了镜筒和环螺纹的对应表面之间的接合。

[0050] 图22是根据一个实施例的光学组件的一部分的示意侧视图，其中，镜筒和环螺纹具有非对称形状。

[0051] 图23A和23B是具有相同的有效螺纹角的对称(图23A)和非对称(图23B)螺纹形状的示意图。

[0052] 图24A和24B是根据其他实施例的光学组件的部分的示意放大视图，其中，镜筒和环螺纹具有非对称形状。

具体实施方式

[0053] 以下的说明书针对光学组件，其提供了光学元件在镜筒中的自动定心，简化这样的光学元件的安装和对准。本发明的实施例涉及光学组件和将光学元件安装在镜筒内的方法二者。

[0054] 光学元件可以是以一些方式与光作用的任何部件或部件组，例如将光束的方向引导或改变、聚焦或扩散、准直、滤波或以其他方式变换或影响光。光学元件的例子包括任意类型的透镜，诸如例如平凸、双凸、平凹、双凹、正或负弯月形透镜。上述类型的胶合双或三透镜可也根据本说明书自动定心。光学元件可还通过衍射透镜、反射镜、衍射光学元件(DOE)、针孔等具体实施。光学元件可具有球面或非球面表面，且可具有偏轴轮廓。在其他实施例中，光学元件可通过更复杂的光学部件子组件具体实施，诸如安装在套筒中的一个或多个透镜、安装在三脚架中的镜面或透镜、安装在光学安装架中的透镜或透镜镜筒，该光学安装架本身安装在光学平台上，等。

[0055] 作为例子，图3、3A至3C和4示意地示出根据一个实施例的光学组件20。光学组件20包括镜筒24，其限定腔室32，在腔室中，设置有一个或多个自动定心光学布置25。在上述图中示出的情况下，设置有单个自动定心光学布置25，其包括安装在镜筒24中的光学元件22、座28和将光学元件22布置在其之间的保持环26。涉及多个自动定心光学布置的实施例在以下描述。

[0056] 光学元件22具有相对的第一和第二表面S1和S2。应注意到，贯穿本说明书，“第一”表面传统地指代面向座的表面，而“第二”表面在保持环那侧延伸。应理解，该传统是为了使引用更加容易，而不意味着给任一表面赋予任何特定的级别或优选的取向或特征。第二表面具有周边区域27，其定义为第二表面与保持环接触的部分。周边区域具有空间轮廓，定义为第二表面S2的局部形状，在第二表面的周边区域限定一球面段的通常情况下例如通过其曲率半径限定。第二表面的球形区域的空间轮廓影响其与保持环的协作，如以下进一步解释的。

[0057] 在所示实施例中，光学元件22是双凸的，即，每个表面S1和S2是凸的，且具有恒定的曲率半径。这些表面的曲率半径不是必须相同。在本发明的各个实施例中，在各种可行组

合中,光学元件的一个或两个表面可以是局部或整体为弯曲的,或凸或凹。如上所解释的,本发明的实施例可应用于具有比图3和4所示的更复杂构造的光学元件,诸如非球面透镜、复合透镜、或其他类型的透镜、镜面、DOE、针孔等。以下将进一步解释本发明的变体,其具有并非双凸的形状。

[0058] 镜筒24可通过任何容纳结构具体实施,光学元件22要在所述镜筒中安装、对准和固定就位。如上所述,镜筒24限定接收光学元件22的腔室32。诸如图3、3A和4所示那种典型的镜筒包括中空柱形壳体30,其具有内壁34和外壁36。容易理解,镜筒24可具有适于接合、连接或以其他方式协作的其他结构的任何形状、机械特征或附加部件,所述其他结构是要使用光学元件22的背景所需的。例如,镜筒的外壁36可设置有螺纹、孔、销、突出部、凸缘等,而没有偏离本发明的范围。替换地,镜筒24可以是较大光学组件的一体部分,诸如相机物镜或显微镜物镜,且因此通过腔室32和其内部物理特征限定,而没有提供与光学元件22被使用的设备分开的壳体30。

[0059] 腔室32可具有适于在其中接收光学元件22的任何形状。腔室32具有中心轴线B,该中心轴线被定义为其对称轴线。当两个表面S1和S2的曲率中心位于中心轴线B上时,光学元件22可被视为在镜筒24内适当对准。

[0060] 如上所述,且在图3B中最佳可见,自动定心光学布置25包括座28,其设置在腔室中并接合光学元件22的第一表面S1。在一些实施例中,座28通过环形肩部38限定,该环形肩部形成在内壁34中,该内壁34在腔室32内向内突出。在所示实施例中,肩部38示出为相对于镜筒24的内壁34形成直角,从而第一表面S1搁置在肩部38的角部边缘40上。可选地,如所示,角部边缘40可以通过抛光或机加工而是滚圆的或具有斜角的,以避免损坏光学元件22的第一表面S1。将容易地理解,在其他实施例中,第一表面S1和座28之间的接触可以是不同的。此外,在一些实施例中,座28不需要沿镜筒的内壁34的整个圆周延伸,但可包括缺失部分或其他不连续部,或可通过沿内壁间隔开的多个径向对准突出部具体实施。在其他实施方式中,座28可通过附连至镜筒的单独结构具体实施,诸如螺纹连接至镜筒或以其他方式附连至镜筒的环形部件。

[0061] 参考图5A至5E,表面S和座28之间不同类型的可行接合策略—其可例如具体实施光学元件的第一表面与现有光学组件的镜筒座的接合—被示意性地示出。图5A示出边缘接触,其中,弯曲的表面S搁置在座28的边缘上。可注意到的是,边缘不需要限定直角。图5B示出切向接触,其中,弯曲的表面S在接触点处搁置在座沿表面S的切线取向的壁上。在图5C和5D的变体中,座28本身沿接触点弯曲,在图5C中,曲率与表面S的曲率相对,从而它们为环形接触,而在图5D的例子中,曲率匹配表面S的曲率,以限定球形接触。最后,在一些实施例中,表面S可以至少在其邻接在座28上的区域中是平面的,从而允许平面接触,诸如图5E所示。

[0062] 本领域的技术人员容易理解的是,通过整体上阅读本说明书,光学组件应允许光学元件的第一表面S1和座28之间的一些移动以及光学元件的第二表面S2和保持环的邻接部之间的一些移动。在一些实施例中,这暗示光学元件满足现有技术中已知的所谓的“自定心”准则。自定心是指光学元件在座28上滚动或滑动的能力。已知要求光学元件自定心,其应具有关于座和保持环足够小的摩擦系数,以允许光学元件的滚动或其他移动。例如从Paul Yoder Jr.,“Mounting Optics in Optical Instruments”,SPIE Press (2008) 已知,摩擦系数的临界值可以表示为:

$$[0063] \quad \mu < \left| \frac{Y_{c1}}{2R_1} + \frac{Y_{c2}}{2R_2} \right| \quad (1)$$

[0064] 其中：

[0065] • μ 是光学元件和座或保持环之间的摩擦系数；

[0066] • Y_{c1} 是光学元件的第一表面S1与座的接触部的半直径；

[0067] • Y_{c2} 是光学元件的第二表面S2与保持环的接触部的半直径；

[0068] • R_1 是光学元件的第一表面的曲率半径；和

[0069] • R_2 是光学元件的第二表面的曲率半径。

[0070] 应指出，在方程(1)中，每个表面的曲率半径具有用于凸表面的正值和用于凹表面的负值。

[0071] 将容易地理解，如上解释且常用于现有技术中的表达“自定心”是指与本申请中的“自动定心”不同的概念，如将在以下详细解释的。

[0072] 现特别地参考图3A和3C，镜筒24设置有一组镜筒螺纹42a。保持环26通过与镜筒螺纹42a互补的一组环螺纹42b附连至镜筒24。表达“螺纹”是指在两个部件上的可接合螺旋突出部，其允许一个部件旋拧在另一个上或内。传统上，单个螺纹通常视为与一圈旋拧相应的螺旋突出部的一部分，而限定整个旋拧路径的突出部的长度称为螺纹或一组螺纹。如它们的名字要求的，镜筒螺纹沿镜筒的壁设置，而环螺纹沿保持环的壁设置。在所示实施例中，镜筒螺纹沿镜筒24的内壁34布置，而环螺纹沿保持环26的外周布置，从而保持环可旋拧在腔室32内。螺纹42a、42b可定位为使得，保持环旋拧在镜筒外侧，如关于其他实施例在以下解释的。将容易理解，任一组螺纹42a、42b不需要沿整个旋拧路径连续，但可包括缺失段或其他不连续部，只要足够的接触点被提供，以允许互补螺纹的接合。

[0073] 镜筒螺纹42a和环螺纹42b具有互补的螺纹轮廓。表达“螺纹轮廓”是指通过给定组的螺纹形成的横截面形状、角和节距。通过定义，螺纹角是通过螺纹的相对壁形成的角，而螺纹组的节距是一组螺纹中的两个连续顶点之间的间隔。参考图6A至6E，作为例子示出了各种螺纹轮廓。图6A示出具有60°螺纹角的截头三角形螺纹轮廓，其代表普通的螺纹标准。每个螺纹的顶点示出为截头的，尽管在不同实施例中，螺纹形状可限定规则的三角形。在图6B的例子中，螺纹的顶点和沟槽示出为具有圆形轮廓，且螺纹角示出为55°。图6A和6B所示的螺纹轮廓普遍用于安装光学部件。但是，现有技术中还已知其他的螺纹轮廓，诸如梯形轮廓(图6C)、规则的三角形轮廓(图6D)和圆形轮廓(图6E)。在其他变体中，螺纹轮廓可以是非对称的，即，螺纹的相对壁可相对于垂直于腔室的中心轴线的平面以不同角取向，如以下更详细解释。当然，在此示出的形状和螺纹角仅作为例子给出，而不应视为可行螺纹轮廓的排他展示。

[0074] 就互补而言，应理解为，镜筒螺纹42a和环螺纹42b的轮廓使得它们可旋拧在一起，这通常涉及相同的节距。尽管镜筒螺纹42a和环螺纹42b示出为在所示实施例中具有相同的总体轮廓，在其他变体中，它们可具有不同的形状，只要上述的互补条件被满足。

[0075] 回到图3C，保持环26具有接合光学元件22的第二表面S2的周边区域27的邻接部44，由此将光学元件22固定在座与保持环之间。在图3C的所示实施例中，邻接部44通过保持环26的倾斜内边缘限定，其接触光学元件22的第二表面S2的周边区域27。可选地，如图3C的实施例所示，邻接部44可终结于圆形角部，以避免损坏第二表面S2。但是，在其他实施例中，

邻接部可具有直的边缘形状。当然,也可考虑其他类型的布置,例如那些在图5A至5D中示出的。将容易地理解的是,邻接部44可替换地通过不同结构具体实施,其允许第二表面S2的周边区域27和保持环26之间的适当接触。例如,在一些组件中,邻接部44可具有不规则的形状,其提供与第二表面S2的周边区域的离散分布的接触点。

[0076] 根据本发明的一个方面,对于每个自动定心光学布置25,第二表面S2的周边区域27的空间轮廓和镜筒螺纹42a的螺纹轮廓考虑到自动定心条件而进行选择,其中,保持环26的任何偏心和保持环26关于中心轴线B的相应倾斜对光学元件22的第二表面S2关于中心轴线B的定心具有制衡作用。以下部分提供对该自动定心条件和光学组件的物理参数对其的影响的解释。

[0077] 自动定心条件

[0078] 如上所述,自动定心条件涉及两个不同因素的制衡作用:保持环的偏心和保持环的倾斜。

[0079] 以下论证提供了在第二表面的周边区域具有球面空间轮廓(其是整个第二表面S2的部分)的情况下自动定心条件如何可被确定的实际例子,从而该空间轮廓可完全通过第二表面的曲率半径限定。此外,在该例子中,镜筒和环螺纹的螺纹轮廓具有梯形形状,且因此完全以螺旋角为特征。但是,将理解,本部分的构思可延伸到不同空间和螺纹轮廓,而没有偏离本发明的范围。对本部分中示出的原理的一般化考虑在后文中提供。

[0080] 参考图7A,使用光学元件的双凸几何形状作为例子,保持环26的偏心对光学元件22的定心的影响被示出。容易理解的是,图7A没有按照尺寸绘制,且保持环26的偏心以夸张和非实际方式在其上示出,用于阐释性目的。从该阐释可见,保持环26具有在腔室32内的侧向游隙,允许其中心在中心轴线B的任一侧侧向地移位几十个微米。在图7A中,保持环26示出(夸张地)向腔室32的左侧41移位距离 $\Delta_{环}$ 。因此,光学元件的第二表面的曲率中心C2本身关于腔室32的中央轴线B移位一距离 $\Delta_{移位}$ 。第二表面的曲率中心C2的移位的方向和大小与保持环在腔室内的移位方向和大小相同,且因此,其可考虑为 $\Delta_{环} \approx \Delta_{移位}$ 。可参考F.DeWitt IV等. (“Rigid Body Movements of Optical Elements due to Opto-Mechanical Factors”, Proceedings of the SPIE Vol.5867, paper 58670H, (2005)) 作为对这种相同的佐证。

[0081] 图7A中示出的情况不完全是真实的,因为偏心的螺纹保持环26还将具有关于腔室的中心轴线B的固有倾斜。该倾斜在图7B中再次以夸张的方式示出,用于阐释目的。保持环26和镜筒24之间的螺纹接合导致保持环26关于腔室的中心轴线B的枢转,在此称为保持环26的倾斜。保持环的倾斜对保持环26的邻接部44和光学元件22的第二表面S2之间的接合有影响,因此还在光学元件本身上赋予倾斜。倾斜光学元件使得第二表面的曲率中心C2相对于腔室32的中心轴线B移位距离 $\Delta_{倾斜}$ 。顺时针倾斜将使得曲率中心朝左边移位,而逆时针倾斜43将使其向右边移位,后一情况在图7B中示出。

[0082] 在图7B的所示例子中,由保持环的倾斜导致的第二表面S2的曲率中心C2的侧向偏心可表达为:

$$[0083] \quad \Delta_{侧向} = \sin(\theta_{倾斜}) \sqrt{R^2 - Y^2} \quad (2)$$

[0084] 其中:

[0085] • $\Delta_{倾斜}$ (mm) 是由保持环的倾斜导致的第二表面的曲率中心C2的侧向偏心;

- [0086] • R (mm) 是第二表面的曲率半径 (在图上用R₂指代) ;
- [0087] • Y (mm) 是保持环的邻接部的半直径;和
- [0088] • θ_环(度) 是保持环关于垂直于腔室的中心轴线B的平面的倾斜。
- [0089] 当然,方程 (2) 只在R的绝对值大于Y时有效。

[0090] 保持环螺纹连接到镜筒的事实因此使得,其倾斜和其侧向偏心以预定方式联系到彼此。这在图7C中示出。在图7A至7C的构造中,如果向左移位(如图7C所示)则保持环逆时针倾斜,如果向右移位,则顺时针倾斜。保持环的移位(侧向偏心)和倾斜之间的关系可如下表达:

$$[0091] \quad \theta_{环} = \sin^{-1} \left[\frac{2\Delta_{环} \tan\left(\frac{\phi_{螺纹}}{2}\right)}{d_{环}} \right] \quad (3)$$

[0092] 其中:

- [0093] • θ_环(度) 是如上定义的保持环的倾斜;
- [0094] • Δ_环(mm) 是保持环的侧向偏心;
- [0095] • φ_{螺纹}(度) 是螺纹角;和
- [0096] • d_环(mm) 是保持环的主直径(在螺纹顶点处测量)。

[0097] 可证实,第二表面的曲率中心关于腔室的中心轴线的偏心 Δ_{C2}是保持环关于中心轴线的偏心和相应倾斜的组合结果。

$$[0098] \quad \Delta_{C2} = \Delta_{倾斜} + \Delta_{移位} \quad (4)$$

[0099] 其中,Δ_{倾斜}和Δ_{移位}的符号是指相应移位的方向。

[0100] 为了定心光学元件,第二表面的曲率中心关于腔室的中心轴线的 Δ_{C2}应为零或可忽略,因此 Δ_{C2}应尽可能接近零。如上所述,已知第二表面的曲率中心C2关于腔室的中心轴线的偏心 Δ_{倾斜}与保持环在腔室内的偏移 Δ_环等同,自动定心条件可通过将方程(4)如下写出而限定:

$$[0101] \quad \Delta_{倾斜} = \Delta_{环} \quad (5)$$

[0102] 其实际上暗示保持环的偏心和保持环关于中央轴线的相应倾斜彼此制衡。

[0103] 仍参考图7C,根据自动定心条件的光学元件22的自动定心再次以夸张的方式示意性地示出,以用于阐释目的。如可见,保持环26在腔室内侧向地移位(在所举例子中向左,如箭头41所示),且具有关于中心轴线B的倾斜(在所举例子中沿逆时针方向,如箭头43所示)。但是,由于这两个参数的偏心作用彼此抵消,光学元件22的光轴A(定义为连结第一和第二表面S1和S2的曲率中心C1和C2的线)与腔室的中心轴线B重合。

[0104] 贯穿本说明书,对自动定心条件的参考涉及方程(5)的条件被满足的情形。如从以下所述的实施例可见,各个参数的值可被适当地选择,以满足该条件,诸如螺纹角或轮廓、第二元件的第二表面的周边区域的空间轮廓,等。

[0105] 应注意到,本说明书的自动定心条件不依赖于保持环关于腔室的定心;实际上,其使用保持环的偏心,以便提供光学元件的定心。

[0106] 安装光学元件的方法

[0107] 根据本发明的一个方面,呈现将光学元件安装在镜筒内的方法。如上所解释的,镜

筒限定具有座的腔室,腔室还具有中心轴线。该方法可应用于如上限定的各种光学元件,光学元件因此具有相对的第一和第二表面。

[0108] 根据本发明实施例的方法的步骤在图8A至8E中示出。

[0109] 参考图8A,该方法首先包括设置保持环26。保持环26具有邻接部44,用于接合光学元件的第二表面的周边区域。在所示例子中,邻接部仅通过保持环的内边缘具体实施。当然,关于光学组件所述的邻接部44的任何变体可应用于本方法的实践中。应指出,在该阶段,保持环还没有设置任何螺纹,尽管在一些实施例中,保持环可以已经具有螺纹,如果螺纹轮廓是在实施本方法之前固定的参数的话。

[0110] 方法还包括确定如上限定的自动定心条件,即,保持环的任何偏心和保持环关于中心轴线的相应倾斜对光学元件关于中心轴线的定心具有制衡作用的条件。

[0111] 在一些实施例中,自动定心条件可利用前一部分中呈现的论证被确定。因此,回到图7C的例子,通过将以上的方程(2)、(3)和(5)组合,自动定心条件可改写为:

$$[0112] \quad \frac{d_{33}}{2 \tan\left(\frac{\phi_{33}}{2}\right)} = \sqrt{R^2 - Y^2} \quad (6)$$

[0113] 本领域的技术人员将容易地理解的是,以上方程(6)基于简化模型,其忽略对光学元件的偏心具有轻微影响的一些几何因素。更复杂的模型可以可选地考虑保持环的精确形状和镜筒螺纹的节距。其可证明,利用这样的更复杂模型,方程(6)的自动定心条件可被改写为:

$$[0114] \quad \frac{d_{33}}{2 \tan\left(\frac{\phi_{33}}{2}\right)} = \sqrt{R^2 - Y^2} + h + \frac{T}{2} \quad (7)$$

[0115] 其中,新引进的参数h和T(均在图9上呈现)如下定义:

[0116] • h是沿腔室的纵向方向在(i)靠近光学元件22的镜筒螺纹42a与环螺纹42b的第一接触点90与(ii)保持环26的邻接部44与第二表面S2的周边区域27的接触点92之间的距离;

[0117] • T是在(i)靠近光学元件22的镜筒螺纹42a与环螺纹42b的第一接触点90与(ii)距光学元件22最远且与第一接触点90直径上相对的镜筒螺纹42a与环螺纹42b的最后接触点94之间的距离。

[0118] 取决于光学组件和要满足的光学需求,本领域的技术人员可在方程(6)或(7)的表达之间做出选择。例如,对于小透镜直径和小透镜曲率半径,简化方程(6)的准确度可减小。

[0119] 本领域的技术人员将注意到,方程(6)和(7)基于对组件的部件的几何做出两个假定的模型。首先,这意味着,镜筒螺纹的螺纹轮廓完全通过对称螺纹角限定,即,螺纹的相对壁关于垂直于腔室的中心轴线的平面以相同角度取向的螺纹轮廓。其次,还意味着,第二表面的周边区域的空间轮廓是球面的。在其他实施方式中,自动定心条件的确定可基于更加通用的模型。这样的模型的例子在以下提供。

[0120] 在以上方程(6)或(7)中涉及的大多数参数通常根据设计要求通过光学元件和镜筒的物理规格预先确定。但是,螺纹角 ϕ_{33} 和第二表面的曲率半径R可通常被单独或一起控制,以满足光学元件的自动定心条件。本领域的技术人员可因此发现用于特定应用的这

些参数的一对值,其满足自动定心条件,同时还考虑其他设计需求或限制。但是,应理解,实际的自动定心条件并不是对所有设计可用,且一些参数可能需要被重新考虑,例如如果设计要求对第二表面的曲率半径施加过大的值或不实际的螺纹角。在其他情况下,自动定心条件的其他参数—诸如,保持环Y的邻接部的半直径和保持环 $d_{\text{环}}$ 的外直径—可额外地经历轻微调整,以便微调光学元件的定心。

[0121] 根据本发明的实施例的方法还包括考虑到所述自动定心条件而为一组镜筒螺纹选择螺纹轮廓和为第二表面的周边区域选择空间轮廓。

[0122] 根据本发明的实施例,在许多情况下,考虑所述自动定心条件而为镜筒螺纹选择螺纹轮廓和为第二表面的周边区域选择空间轮廓可显著改善光学元件的定心的准确度。在一些实施例中,人们可希望在按照限定的自动定心条件为每个参数选择精确值。即使通过这样的选择,透镜的最终定心在实际条件下不可能是完美的。利用保持环将光学部件在镜筒中定心可被多个容差因素影响。在典型的实施方式中,利用最佳的工业实践,以下制造容差需要被考虑:

[0123] • 螺纹角容差: $\pm 1^\circ$;

[0124] • 保持环的外直径: $\pm 0.1\text{mm}$;

[0125] • 保持环的邻接部的直径: $\pm 0.1\text{mm}$;

[0126] • 第二表面的曲率半径: $\pm 1\%$ 。

[0127] 理论上,通过上述的制造容差导致的透镜偏心典型地在大约 $3\mu\text{m}$ 内。发明人已经证明,选择自动定心条件的精确参数可在实践中为光学元件关于中心轴线的定心提供典型地 $5\mu\text{m}$ 或更好的准确度,包括上述制造容差。在其他实施例中,当这样的高准确度不是必须时,本领域的技术人员可希望对设计参数选择值,其接近但没有准确地匹配自动定心条件提供的值。因为保持环的偏心和倾斜可对光学元件的定心具有影响,其可如 $150\mu\text{m}$ 或更多那样高,通过将参数选择为接近自动定心条件给出的参数可获得显著的改善。这样的值优选地被选择,以在特定应用施加的预确定定心要求内匹配满足自动定心条件的值。在一个例子中,对于许多应用,如果考虑到定心条件而调整螺纹角,所选择的值可被调整至5度的最接近倍数,同时仍提供对光学元件定心的充分准确度。本领域的技术人员将容易理解如何考虑特定设计要求而应用这些原理。

[0128] 本发明对不同光学设计的应用的各种可行选项在以下给出。

[0129] 参考图8B,该方法接下来包括,根据在前一步骤选择的螺纹轮廓为镜筒24设置镜筒螺纹42a,且还为保持环26设置与镜筒螺纹42a互补的环螺纹42b。在非标准螺纹角被选择的一些实施例中,为此目的,取得特殊工具可以是必须的。螺纹工具在现有技术中是已知的,在此不进行描述。在其他变体中,例如,其中光学元件的第二表面的周边区域的空间轮廓要被适应,则可使用更通常的螺纹工具。在其他变体中,螺纹可容易地设置在镜筒中和/或保持环上,且在确定自动定心条件时考虑它们的轮廓。

[0130] 如果必须,该方法接下来涉及根据被选择的空间轮廓改变第二表面(因此至少沿周边区域)。这样的步骤在图8C中示出。本领域的技术人员将容易地理解的是,该步骤仅在被选择的空间轮廓与第二表面已经限定的沿其周边区域的轮廓不相同的情况下是必须的。取决于制造光学元件的材料,可使用各种技术,诸如摩擦、金刚石车削或现有技术中已知的任何技术。

[0131] 参考图8D,该方法的下一步骤涉及将光学元件22定位在腔室32中,第一表面S邻接在座28上。该步骤可根据不需要在此描述的已知技术执行。

[0132] 最后,方法涉及将保持环26与镜筒24螺纹接合,直到保持环26的邻接部44接合光学元件22的第二表面S2。如本领域技术人员容易理解的,应关注确保保持环与光学元件的正确接合。该步骤在图8E中示出。一旦该步骤完成,光学元件22固定在座28和保持环26之间。根据自动定心条件,不管保持环的偏心,在所选择参数提供的准确度水平内,所述保持环的偏心对光学元件定心的影响将被保持环的倾斜制衡。不需要进一步对准技术,但是如果希望的话可使用一些。在一些实施例中,可选地,可添加粘结剂,以将光学元件附连至镜筒。

[0133] 对于许多应用,保持环可保留通过上述方法获得的光学组件的一部分。但是,在一些变体中,保持环可用作用于定位光学元件的定心工具,且以后从组件移除。在这样的实施例的一个例子中,在保持环的螺纹接合之后,上述方法可包括另外的步骤:利用粘合剂等将光学元件附连至腔室的座和/或内壁;以及一旦固定光学元件,将保持环从腔室移除。

[0134] 以下部分作为例子描述可具体实施本发明的多个光学组件。将容易理解,这些组件的每个可根据上述方法或其变体被制造。还将理解,所示实施例的各个不同方面可以不同方式组合,而没有偏离本发明的范围。例如,光学元件的第一表面的不同类型的几何可与光学元件的第二表面的各种几何组合,而不管在此所述特定组合。

[0135] 螺纹角的调整

[0136] 在一些实施例中,第二表面S2的曲率半径根据光学元件22的目标光学属性被预先确定。例如,在图3、图3A至3C和图4的双凸透镜例子中,第二表面S2是球面的,且沿其所有点具有相同的曲率半径,该曲率半径根据光学元件的期望焦距而被选择。在这样的实施例中,螺纹轮廓由于光学元件的自动定心而被调整。在该例子中,螺纹轮廓具有三角形形状,且以螺纹角 $\phi_{\text{螺纹}}$ 为特征。提供考虑方程(6)或(7)的其他参数而选择的螺纹角值可因此导致满足自动定心条件。在类似实施例中,螺纹轮廓可替换地具有梯形形状或另外的轮廓,其可以是对称的或非对称的。

[0137] 仍参考图3、3A至3C和4,并且通过上述方程(6),在该实施例中,螺纹角的值 $\phi_{\text{螺纹}}$ 通过以下确定:

$$[0138] \quad \phi_{\text{螺纹}} = 2 \tan^{-1} \left(\frac{d_{\text{环}}}{2\sqrt{R^2 - Y^2}} \right) \quad (8)$$

[0139] 或,如果使用方程(7)的模型:

$$[0140] \quad \phi_{\text{螺纹}} = 2 \tan^{-1} \left(\frac{d_{\text{环}}}{2\sqrt{R^2 - Y^2} + 2h + T} \right) \quad (9)$$

[0141] 其中,如上所解释的:

[0142] • $d_{\text{环}}$ 是沿环螺纹的保持环的直径;

[0143] • R 是第二表面沿其周边区域的曲率半径的值;

[0144] • Y 是保持环的邻接部的半直径;

[0145] • h 是在(i)靠近光学元件的镜筒螺纹与环螺纹的第一接触点和(ii)保持环的邻接部与第二表面的周边区域的接触点之间的距离;和

[0146] • T是在(i)靠近光学元件的镜筒螺纹与环螺纹的第一接触点和(ii)距光学元件最远且与第一接触点直径上相对的镜筒螺纹与环螺纹的最后接触点之间的距离。

[0147] 如本领域技术人员容易理解的,螺纹轮廓不是通常用作设计特征的参数。典型地,设置在光学组件的部件上的螺纹的形状和角将取决于可用的螺纹接合工具和/或通常的螺纹标准。因此,本发明的一些实施例的特征是,螺纹轮廓与标准制定机构建立的标准螺纹不同,诸如例如国际标准化组织(ISO)、美国机械工程师学会(ASME)、美国国家标准学会(ANSI)或德国标准化学会(Deutsches Institut für Normung或DIN)。在典型的实施例中,螺纹角具有并非光学组件最常使用的螺纹标准的55或60度的值,。

[0148] 这样的实施例的数字例子在以下表1中提供:

[0149] 表1:安装在有保持环螺纹接合在腔室内的镜筒中的双凸透镜

参数	例 1	例 2	例 3
R2 (mm)	38.76	82.29	31.39
Y (mm)	24	19	14.25
[0150] H (mm)	0.5	0.5	0.5
T (mm)	1.98	1.98	1.98
d_{ex} (mm)	53.58	43.71	34.02
ϕ_{xxx} (degrees)	80	30	60

[0151] 需注意,在这样的实施例中,光学元件的定心没有被光学元件的第一表面的曲率半径影响。因此,以类似的实施例中,第一表面S1可以是平的或凹的,而仍满足相同的上述自动定心条件。这样的实施例例如在图10A(平凸构造)和10B(半月形构造)中示出。

[0152] 将注意,在上述变体的说明书中,隐含地假定了镜筒螺纹和环螺纹具有对称形状。换句话说,螺纹的顶壁的斜率等于其底壁的斜率,但相对于腔室的中心轴线的法线沿相反方向。

[0153] 实践中,在诸如在此所述的光学组件中,当保持环旋拧在镜筒内且邻接在光学元件上时,系统中的机械合力典型地用于将保持环推离光学元件。参考图21,在所示参考系中,可看见,镜筒24和保持环26以每个环螺纹42b的顶表面104推靠镜筒螺纹42a的底表面102的方式接合。将理解,对“顶部”和“底部”方向的引用在此用作速记,用于方便参照图21,顶表面传统上被指定为背离光学元件22的表面,底表面面朝光学元件22。这样的传统的使用不意味着对光学组件施加任何优选取向。

[0154] 实践中,每个镜筒螺纹42a的顶表面108和每个环螺纹42b的底表面106在组件内的力平衡中的影响是零或可忽略;环螺纹42b的底表面106和镜筒螺纹42a的顶表面108彼此没有接触或不接触其他表面。结果,将容易理解,在此所述的自动定心条件以及环螺纹42b和镜筒螺纹42a的互补性只需要应用于彼此接触的表面,即,环螺纹42b的顶表面104和镜筒螺纹42a的底表面102。

[0155] 在一些实施例中,环螺纹和镜筒螺纹可具有关于保持环或腔室的对称轴线非对称的空间轮廓。参考图22,这样的实施例作为例子示出。为了描述具有非对称螺纹的实施例,

限定有效螺纹角 ω 可以是有用的。在腔室的参考系中,有效螺纹角 ω 可定义为镜筒螺纹42a的底表面102和与腔室32的中心轴线垂直的平面P形成的角。

[0156] 将容易地理解,对于螺纹是对称的情况,有效螺纹角 ω 对应于 $\Phi_{\text{螺纹}}/2$,即,螺纹角的一半。因此,代表自动定心条件的替换方式可通过简单地在以上方程(6)和(7)中用 $\Phi_{\text{螺纹}}/2$ 代替 ω 而获得,从而得到:

$$[0157] \quad \frac{d_{\text{环}}}{2 \tan(\omega)} = \sqrt{R^2 - Y^2} \quad (6')$$

[0158] 或

$$[0159] \quad \frac{d_{\text{环}}}{2 \tan(\omega)} = \sqrt{R^2 - Y^2} + h + T/2 \quad (7')$$

[0160] 在一些实施例中,非对称螺纹轮廓可有利地增加自动定心的可用范围,例如通过具有曲率半径非常小的第二表面的光学元件(诸如鱼眼透镜)而便于自动定心条件的使用,以及通过具有曲率半径非常大的第二表面的光学元件的自动定心条件的使用。为了示出这点,图23A示出对称的螺纹轮廓,其具有 120° 的大螺纹角 $\Phi_{\text{螺纹}}$,其可以用于满足曲率半径非常小的光学元件的自动定心条件。但是,这样的螺纹轮廓可对制造提出挑战,因为螺纹高度 $h_{\text{螺纹}}$ 需要非常小,用于螺纹节距 $p_{\text{螺纹}}$ 的实际值。如图23B所示,通过使用非对称螺纹轮廓,可使用与图23A的螺纹角 $\Phi_{\text{螺纹}}$ 的值的一半相对应的有效螺纹角 ω ,例如,在所例子中对应 60° 。该构造允许满足自动定心,同时对于相同螺纹节距 $p_{\text{螺纹}}$ 提供是图23A的对称轮廓两倍大的螺纹高度 $h_{\text{螺纹}}$ 。

[0161] 在图22和23B的所例子中,没有接触在一起且因此不影响光学元件的对准的镜筒和环螺纹的表面示出为平行平面P。在这些实施例中,有效螺纹角 ω 因此对应于螺纹的相对表面形成的角,例如,在镜筒螺纹42a的顶表面108和底表面102之间的角。换句话说,这样构造的有效螺纹角 ω 对应于非对称螺纹角 $\Phi_{\text{螺纹}}$ 。但是,在其他实施例中,没有接触在一起的镜筒和环螺纹的表面可具有不同的取向,在该情况下,有效螺纹角 ω 将与非对称螺纹角不同。根据这样的实施例的螺纹轮廓的例子在图24A和24B中示出。

[0162] 在图24A的构造中,镜筒螺纹42a的底表面102和环螺纹42b的顶表面104与平面P限定有效螺纹角 ω ,而环螺纹的底表面106和镜筒螺纹的顶表面108二者形成关于平面P的相同浅角 α ,角 α 不同于有效螺纹角 ω 。在该变体中,螺纹角 $\Phi_{\text{螺纹}}$ 一对应于角 ω 和 α 的和—与自动定心条件不相关,有效螺纹角 ω 是要考虑的相对参数,如在方程(6')和(7')中表达的。

[0163] 在图24B的构造中,示出另一非对称实施例,其中,镜筒螺纹42a的顶表面108环螺纹42b的底表面106示出为具有不同取向,与平面P形成浅角 α_a 和 α_b 。本领域的技术人员将容易地理解,这两个表面不需要互补,因为它们对将保持环接合在镜筒内没有贡献。在这样的实施例中,镜筒螺纹的螺纹角 $\Phi_{\text{螺纹}a}$ 与环螺纹42b的螺纹角 $\Phi_{\text{螺纹}b}$ 不同。再次,在该实施例中,自动定心条件应考虑有效螺纹角 ω 而评价。

[0164] 第二表面的曲率半径的调整

[0165] 在一些实施例中,不能或不期望如之前部分描述的实施例中提供的那样调整镜筒螺纹和环螺纹的轮廓。在这样的情况下,光学元件的第二表面的周边区域的空间轮廓可由于光学元件相对于中心轴线的期望自动定心而被调整。

[0166] 参考图11A至11D,示出了光学元件22的第二表面S2具有中央区域46的实施例,其具有根据光学元件22的目标光学属性预先确定且与第二表面S2的周边区域27的空间区域不同的空间轮廓。

[0167] 在图11A的例子中,光学元件是双凸的,且第二表面S2的中央区域46限定具有恒定曲率半径R2的球面段,该曲率半径限定曲率中心C2,该曲率半径例如由于光学元件22的期望焦距而被选择。但是,曲率半径R2不提供以上解释的对于螺线角被选择值的自动定心条件。根据本发明的一个可选方面,第二表面的周边区域27可被机加工,或以其他方式成形,从而其使用方程(6)的模型限定具有曲率中心C2' 和与R2不同的曲率半径R的球面环形段:

$$[0168] \quad R = \sqrt{\left(\frac{d_{\text{环}}}{2 \tan(\varphi_{\text{螺}}/2)} \right)^2 + Y^2} \quad (10)$$

[0169] 或,使用方程(7)的模型:

$$[0170] \quad R = \sqrt{\left(\frac{d_{\text{环}}}{2 \tan(\varphi_{\text{螺}}/2)} - h - \frac{T}{2} \right)^2 + Y^2} \quad (11)$$

[0171] 其中,如上所解释的:

- [0172] • $d_{\text{环}}$ 是保持环沿环螺纹的直径;
- [0173] • R是第二表面沿其周边区域的曲率半径的值;
- [0174] • $\varphi_{\text{螺}}$ 是镜筒螺纹的螺线角的值;
- [0175] • Y是保持环的邻接部的半直径;
- [0176] • h是在(i)靠近光学元件的镜筒螺纹与环螺纹的第一接触点与(ii)保持环的邻接部与第二表面的周边区域的接触点之间的距离;和
- [0177] • T是在(i)靠近光学元件的镜筒螺纹与环螺纹的第一接触点和(ii)距光学元件最远且与第一接触点直径上相对的镜筒螺纹与环螺纹的最后接触点之间的距离。

[0178] 将注意到,考虑到图11A所示的第二表面的所示周边区域的凸性质,方程(10)或(11)的平方根的正解已经被保留。优选地,具有曲率半径R的周边区域的径向维度足够宽,以覆盖其与保持环的邻接部的整个接合部,且足够窄以便不影响光学元件22的光学属性。本领域技术人员将注意到,图11A和其他附图所示例子中的周边区域27的曲率可看起来是平的,但是这种外观是长度比其曲率半径R小得多的弯曲段展现的假象。

[0179] 图11B示出与图11A类似的实施例,其中,第一表面S1是凹的而不是凸的,第一表面具有在附近接合座28平面部分。图11C示出另一类似变体,其中,整个第一表面是平的。在其他未示出实施例中,与邻接部接触的第一表面的区域的形状可与中心区域的不同,而没有偏离本发明的范围。图11D示出另一变体,其中,第二表面S2的中央区域46是平的。实际上,仅第二表面S2的周边区域27需要满足自动定心条件,从而本实施例可应用于第二表面的中央区域46的各种轮廓。

[0180] 参考图12A至12C,示出了本发明的变体,其中,光学元件的第二表面在其中央区域

46中具有凹轮廓。第一表面S1分别示出为凸的(图12A)、具有在附近接合座28的平周边部分的凹的(图12B)或平的(12C)。再次,在其他未示出实施例中,与邻接部接触的第一表面的区域的形状可与中心区域的不同,而没有偏离本发明的范围。如通过图11A至11D的实施例,光学元件22的第二表面S2的中央区域46具有根据光学元件的目标光学属性预确定的空间轮廓,在该情况下为具有位于第二表面S2侧部上的曲率中心C2的凹轮廓。但是,第二表面的周边区域27的空间轮廓与中央区域46的空间轮廓不同,并且例如限定具有曲率半径R和曲率中心C2'的球面凸环形段。以该方式,周边区域27的曲率半径R可适应于方程(10)或(11)的自动定心条件,而对光学元件22的光学属性没有任何影响。

[0181] 将容易地理解,尽管在此描述的大多数变体涉及调整第二表面的周边区域的曲率半径或螺纹角,其他实施例可通过第二表面的周边区域的曲率半径的调整和螺纹角的调整二者而组合两个类别的变体,从而两个参数一起贡献于自动定心条件。大量具有类似性质的组合可通过本领域技术人员设想。

[0182] 具有凹形状的第二表面

[0183] 参考图13、13A和13B,示出本发明的另一实施例,其中,第二表面S2具有凹形状,其延伸到与保持环26的邻接部44接触的周边区域27。在该构造中,如果标准保持环要被螺纹接合在腔室内以邻接在光学元件22的凹形周边区域27上,则保持环关于中心轴线的偏心和倾斜的贡献将都作用为沿同一方向使透镜偏心,且因此导致自动偏心条件的制衡作用将不被允许。但是,可对组件的设计进行各种调整,使得保持环的偏心和倾斜作用为使光学元件沿相对方向偏心,因此允许满足自动定心条件。

[0184] 在一个例子中,具有向内且接合向外的镜筒螺纹的环螺纹的保持环26可用于克服该困难。在图13、13A和13B的所例子中,保持环26包括外环形段48,其设置有面向内的环螺纹42b,外环形段延伸在镜筒24之外。环螺纹42b因此设置在外环形段48的面向镜筒的壁50上。镜筒螺纹42a在镜筒24的外壁36上。保持环26还包括内环形段52,在腔室32内延伸,且包括邻接部44。如可见,在所示实施例中,邻接部44简单地通过内环形段52的边缘限定。可选地,限定邻接部44的内环形段的边缘可以具有斜角或被倒圆,以便避免损害光学元件22的第二表面S2。

[0185] 将注意到,图13中示出的构造将作为单个自动定心光学布置或作为一系列自动定心光学布置的最上一个适当的,因为其防止光学元件随后安装在相同镜筒24中。在另一变体中,如图14A所示,镜筒24的腔室32可包括内突出部51,其限定间隙53,保持环26的外环形段48可插入在该间隙中。该构造允许镜筒螺纹42a和环螺纹42b分别面向外和向内,提供自动定心条件,同时仍允许其他光学元件随后安装在腔室中。

[0186] 根据另一方式,镜筒和环螺纹的有效螺纹角可具有负值,例如如图14B所示。“负”螺纹角应理解是指,镜筒螺纹42a指向组件的底部,从而镜筒螺纹42a的两个表面沿在腔室内的向下斜坡以几乎相同的方向成角度。当然,互补的环螺纹因此具有相对的在腔室外的向上斜坡。如图14B所示,在该情况下,镜筒螺纹42a的底表面102和环螺纹42b的顶表面104关于平面P向下延伸,所述平面P垂直于腔室的中心轴线,因此涉及负角。

[0187] 因为这样的实施例的螺纹轮廓关于与腔室的中心轴线垂直的平面P不对称,上述关于方程(6')和(7')的形式可被应用,将有效螺纹角用作 ω ,代替 ϕ ,且改变参数h和T的符号,如果适用的话。

[0188] 负有效螺纹角对保持环26的偏心的影响可参考方程(2)和(3)被最佳地理解。从方程(3),可推导出,改变螺纹角 $\theta_{\text{环}}$ 的符号改变了保持环 $\theta_{\text{环}}$ 的倾斜的符号。可从方程(2)看出,改变 $\theta_{\text{环}}$ 的符号则改变了第二表面的曲率中心的侧向偏心 $\Delta_{\text{倾斜}}$ 的符号。负螺纹角的使用因此使保持环26的倾斜导致的偏心的方向反向,由此允许满足用于凹的第二表面S2的自动定心条件。

[0189] 对于图13、13A、13B、14A和14B的实施例的自动定心条件可通过调整第二表面的周边区域的空间轮廓或螺纹轮廓,或调整二者而被实现。例如,镜筒螺纹42a的螺纹角(或有效螺纹角)可被选择,以满足方程(8)或(9)的条件或用于有效螺纹角的等效公式。或者沿整个表面或者局部地沿周边区域27,可将第二表面的曲率半径选择为满足方程(10)或(11)的条件。此外,光学元件22的第一表面可具有关于之前实施例所述的任何形状。

[0190] 具有非球面表面的光学元件

[0191] 如上所述,本发明的实施例不限于具有凹球面、凸球面或平的第一和第二表面的光学元件。作为例子,图15显示了光学组件20,其中,光学元件22是非球面透镜。在所例子中,非球面透镜的第二表面S2可通过不同曲率半径 R_2 和 R_2' 描述,第一表面S1具有沿其不同部分的曲率半径 R_1 、 R_1' 和 R_1'' 。将理解,形状可应用于并非透镜的光学元件,且所述的精确形状仅处于阐释目的。可考虑多个其他形状,且在一些实施例中,曲率半径或任一表面可沿表面各点连续变化。对于图15的例子,在一些实施例中,沿第二表面的周边区域27的曲率半径 R_2' 可由于自动定心条件被选择或适应。替换地,镜筒螺纹42a的螺纹角或轮廓可以是调整用于透镜的自动定心的参数。在其他变体中,两个参数可考虑自动定心条件而适应化。如从该例子中特别清楚的,自动定心条件独立于第二表面S2的在并非周边区域27的区域中的轮廓,由此使得本发明的实施例可应用于具有各种物理方面的光学元件。

[0192] 用作光学元件的套筒

[0193] 参考图16,在一些变体中,光学元件22可通过套筒54被具体实施,其中安装有一个或多个光学部件56a、56b。套筒被插入在镜筒24的腔室32内且通过保持环26被保持在其中。套筒54具有限定第一和第二表面的相对端部58和60。在所例子中,在该图的上部部分中延伸的套筒54的端部60具有沿周边区域27的弯曲轮廓,即,与保持环的邻接部44接触的区域,该轮廓由此限定曲率半径。由于螺纹轮廓和组件的其他参数,该曲率半径可被适应化,以实现以上解释的自动定心条件。

[0194] 安装在套筒54中的每个光学部件56a、56b可通过透镜、镜面、衍射光学元件、针孔等具体实施。每个光学部件56a、56b关于套筒54定心,从而套筒54的自动定心则将光学部件56a、56b在其中关于腔室32的中心轴线B定心。在所实施例中,其中一个光学部件56b自动定心在套筒54内,根据以上解释的原则利用带螺纹保持环26。另一光学部件56a根据不同技术定心,例如在光学部件粘结之后主动对准。在其他组件中,光学部件56可利用普通的“降下”方法安装在套筒54中,且可利用带螺纹环、卡固环、弯曲件、弹性体保持器、抛光边缘或任何其他适当器件保持在位。将容易地理解,在不同变体中,光学部件的数量可变化,且每个光学部件可以或可以不在套筒内自动定心。还将被理解,尽管图16的所例子示出具有单个自动定心光学布置25的光学组件20,其中,该光学布置通过包括套筒54的子组件具体实施,在该套筒中安装有光学部件56a、56b,在不同变体中,光学组件20可包括多个自动定心光学布置25,它们的一个或多个包括如上的套筒和光学部件,所述套筒具有安装在其中

的任何数量的光学部件。

[0195] 具有多个自动定心光学布置的组件

[0196] 参考图17、17A和18,示出根据本发明实施例的光学组件20,其包括在镜筒24的腔室32内级联的多个自动定心光学布置25。每个自动定心光学布置25包括光学元件22,其安装在腔室32内且具有相对的第一和第二表面。腔室包括多个座28,其每个与自动定心光学布置25中的一个相关联且接合相应光学元件22的第一表面S1。各个座例如可以机加工在镜筒24的内壁中,由此是其一体部分。腔室还包括多组镜筒螺纹42a,每组与其中一个自动定心光学布置25相关联。每个自动定心光学布置25包括保持环26,其通过与相应镜筒螺纹42a互补的那组环螺纹42b附连至镜筒24。在该实施例的每个所示自动定心光学布置25中,保持环26螺纹接合在腔室32内,但将理解的是,在变体中,最上的自动定心光学布置25的保持环26可螺纹接合在镜筒24之外,如图13所示。在每个自动定心光学布置25中,保持环26具有接合光学元件22的第二表面S2的周边区域27的邻接部44,从而将光学元件22固定在座与保持环之间。

[0197] 如上解释的,对于每个自动定心光学布置25,第二表面的周边区域的空间轮廓和镜筒螺纹的螺纹轮廓使得,保持环的任何偏心和保持环关于中心轴线的相应倾斜对光学元件关于中心轴线的定心具有相互制衡作用,由此自动定心光学元件22。

[0198] 容易理解,尽管在图17、17A和18中示出的安装在镜筒的腔室32中的所有光学元件是自动定心光学布置25的部件,在其他变体中,在相同镜筒中的一个或多个部件可根据不同技术安装。换句话说,根据在设计和/或最终光学组件的制造中面临的各种约束,自动定心光学布置25和利用标准技术将光学元件定心在其中的布置可在相同镜筒内混合。

[0199] 还将理解,在此所述的自动定心布置的各个实施例可并入在具有多个光学布置的光学组件内,且可以多种方式组合。

[0200] 向不同螺纹轮廓和第二表面的空间轮廓的扩展

[0201] 在前述部分中描述的实施例依赖于螺纹轮廓是三角形、梯形或具有通过各镜筒螺纹上的平直表面限定的另外轮廓的事实,并且因此完全以螺纹角 Φ 或有效螺纹角 ω 为特征。但是,本领域的技术人员将意识到,在此解释的自动定心条件可还应用于镜筒螺纹具有更复杂轮廓的情况。

[0202] 参考图19和19A至19D,在一些实施例中,互补螺纹的螺纹轮廓可具有弯曲形状。在图19和19A的例子中,镜筒螺纹42a的底表面102具有圆形形状,且环螺纹42b具有大体匹配的圆形顶表面104。将容易理解,在其他实施例中,环螺纹42b的顶表面104可具有并非镜筒螺纹42a的底表面102的形状的镜面图像的形状,只要螺纹的总的几何足够互补,从而允许在其之间的螺纹接合。

[0203] 图19还示出,在一些变体中,第二表面S2在周边区域27中的空间轮廓可以并非是球面的,且因此没有完全被曲率半径的恒定值限定。在所举例子中,第二表面的周边区域是锥形的,即,其限定锥形部的圆形截面。图19E允许在该背景下的光学元件的形状的更好的三维视觉展示。因此,将容易理解,恒定的半径或曲率不能用于限定该表面。

[0204] 对这样的情况的自动定心条件的归纳可参考图20的图示更好地理解,其示出处于被假定满足自动定心条件的位置处的保持环26。在该图示中,环-光学元件接触点74被展现为保持环26的内部角和具有曲率半径R的第一圆70的交点,所述曲率半径对应于在该环-光

学元件接触点74处的光学元件的第二表面的瞬时曲率半径。在接触点74处对第一圆70的切线76与保持环26的平面之间的局部等效环-光学元件角 β 可写为:

$$[0205] \quad \beta = \sin^{-1}\left(\frac{Y}{R}\right) \quad (12)$$

[0206] 其中,R是光学元件的第二表面在环-光学元件接触点74处的局部曲率半径,Y是保持环的邻接部的半直径(即,连结环-光学元件接触点74和保持环的对称轴线的线段的长度)。

[0207] 类似地,环-镜筒接触点78在图20中示出为保持环26的外角部和第二圆72的交点。第二圆72与第一圆70同心,且具有与将共同曲率中心C连结到环-镜筒接触点78的直线相对应的半径。当满足自动定心条件时,第二圆72的切线80可视为镜筒螺纹的底表面的平均取向。换句话说,镜筒螺纹的底表面可具有非直线轮廓,因为对其每点的平均切线大体平行于切线80。当然,本领域的技术人员将容易理解,这些考虑可减小光学元件的自动定心准确度,且镜筒螺纹的底表面与切线80的偏差越大,该不准确度越大。但是,对光学元件的自动定心的剩余准确度对于许多应用是可接受的。图19B至19D示出可满足该条件的非三角形螺纹轮廓的各种例子。

[0208] 再次参考图20,镜筒螺纹的螺纹轮廓可表达为局部有效螺纹角 ω_L ,其对应于第二圆的切线80和平面P'之间的角,所述平面P'对应于保持环的底表面的平面。当然,在镜筒螺纹的顶表面是平的且镜筒螺纹是对称的情况下,局部有效螺纹角 ω_L 简单地对应于螺纹角的一半, $\phi_{\text{nom}}/2$ 。

[0209] 由于这些考虑,如之前为获得方程(7')所做的那样,方程(7)的模型可被调整以用局部有效螺纹角 ω_L 代替 $\phi_{\text{nom}}/2$,且将曲率半径R表达为局部等效环-光学元件角 β 的函数,导致自动定心条件的以下更一般的版本:

$$[0210] \quad \frac{d_m}{2 \tan(\omega_L)} = \sqrt{\left(\frac{Y}{\sin(\beta)}\right)^2 - Y^2} + h + T/2 \quad (13)$$

[0211] 将容易理解,在调整镜筒螺纹的螺纹轮廓或第二表面的周边区域的空间轮廓被设想为满足自动定心条件的实施例中,参数 ω_L 或 β 可在方程(13)中被隔离。还将理解,在方程(13)处表达的被归纳自动定心条件允许镜筒螺纹的螺纹轮廓或第二表面的周边区域的空间轮廓二者具有复杂形状。但是,在一些变体中,这些参数仅一个可被一般化,而这些参数的另一个分别减小到镜筒螺纹的螺纹角或第二表面的周边区域的曲率半径。

[0212] 当然,可对上述实施例做出大量改变,而没有偏离所附权利要求限定的本发明范围。

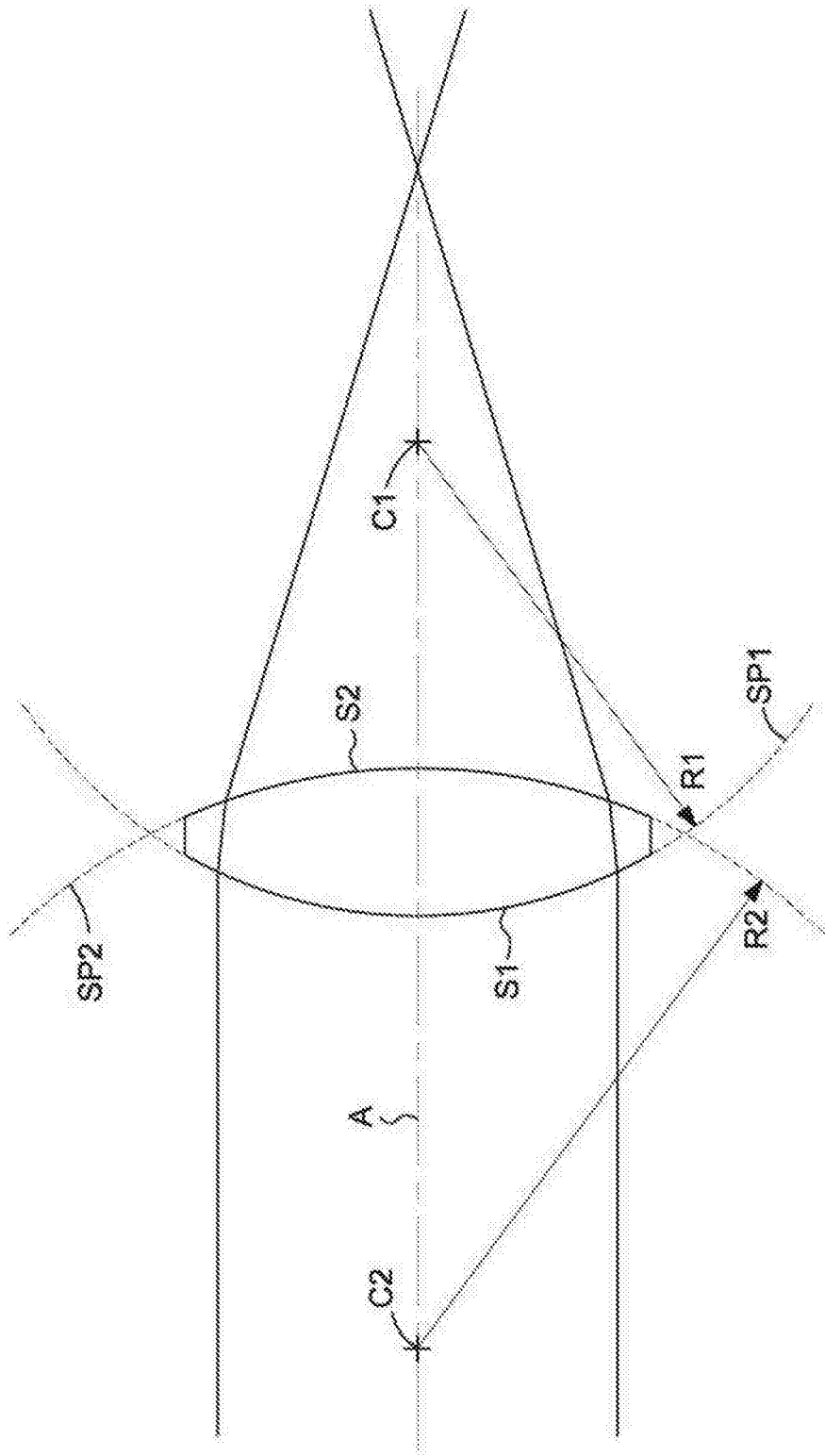


图1 (现有技术)

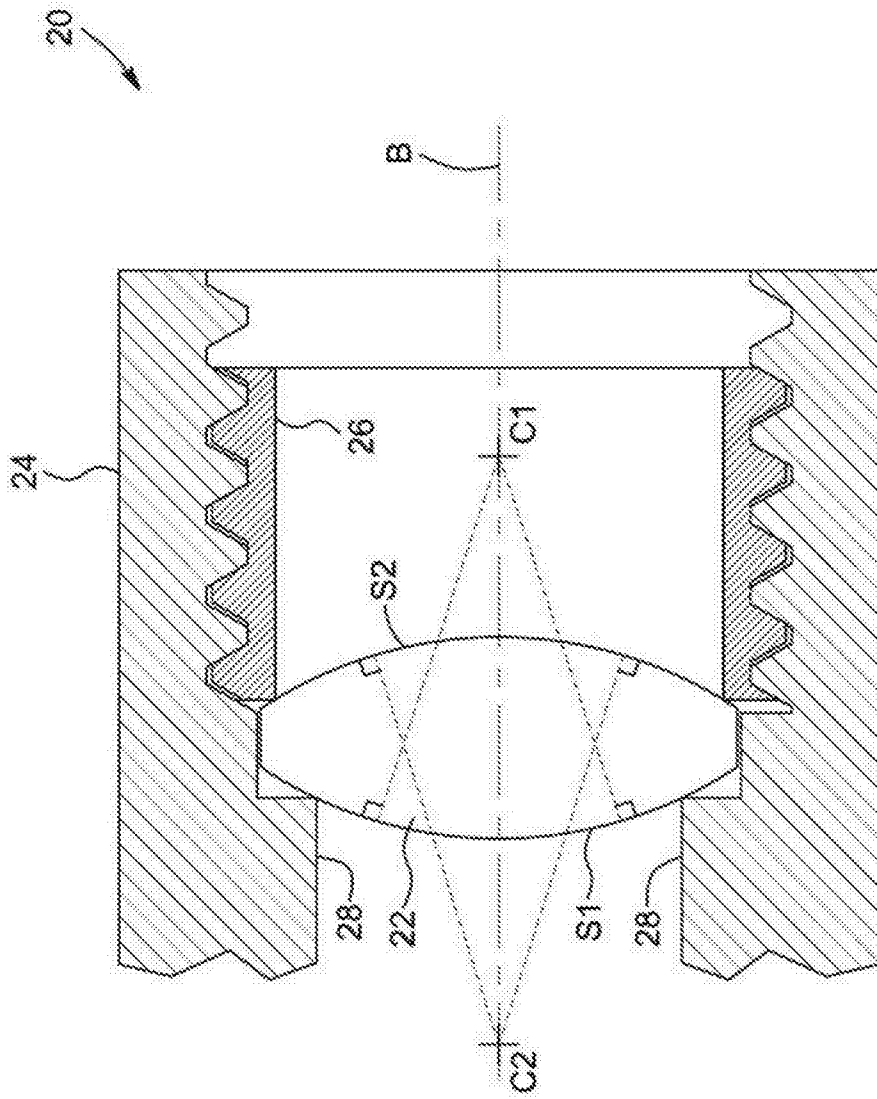


图2(现有技术)

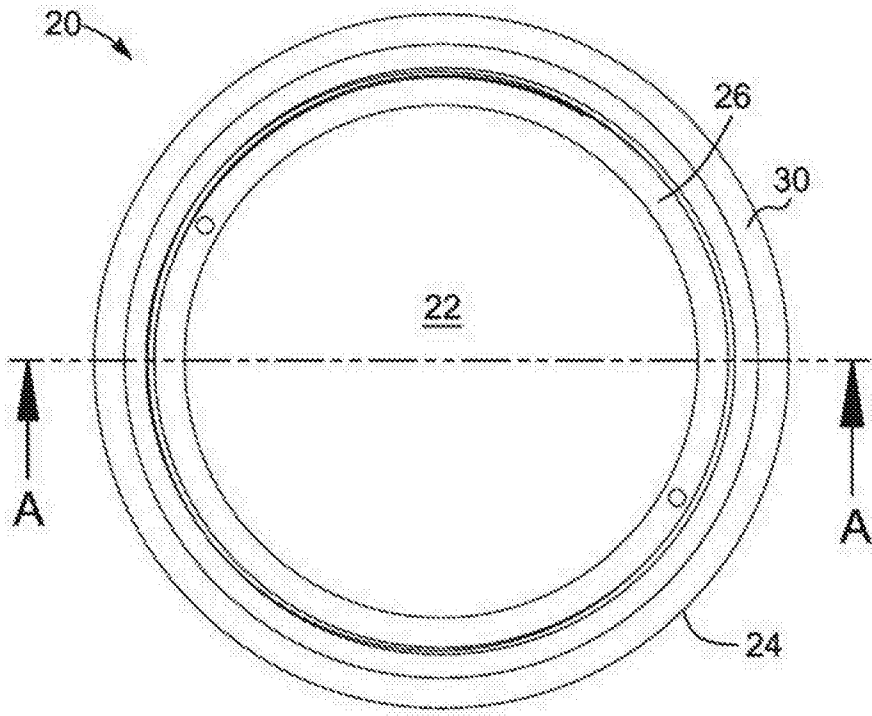
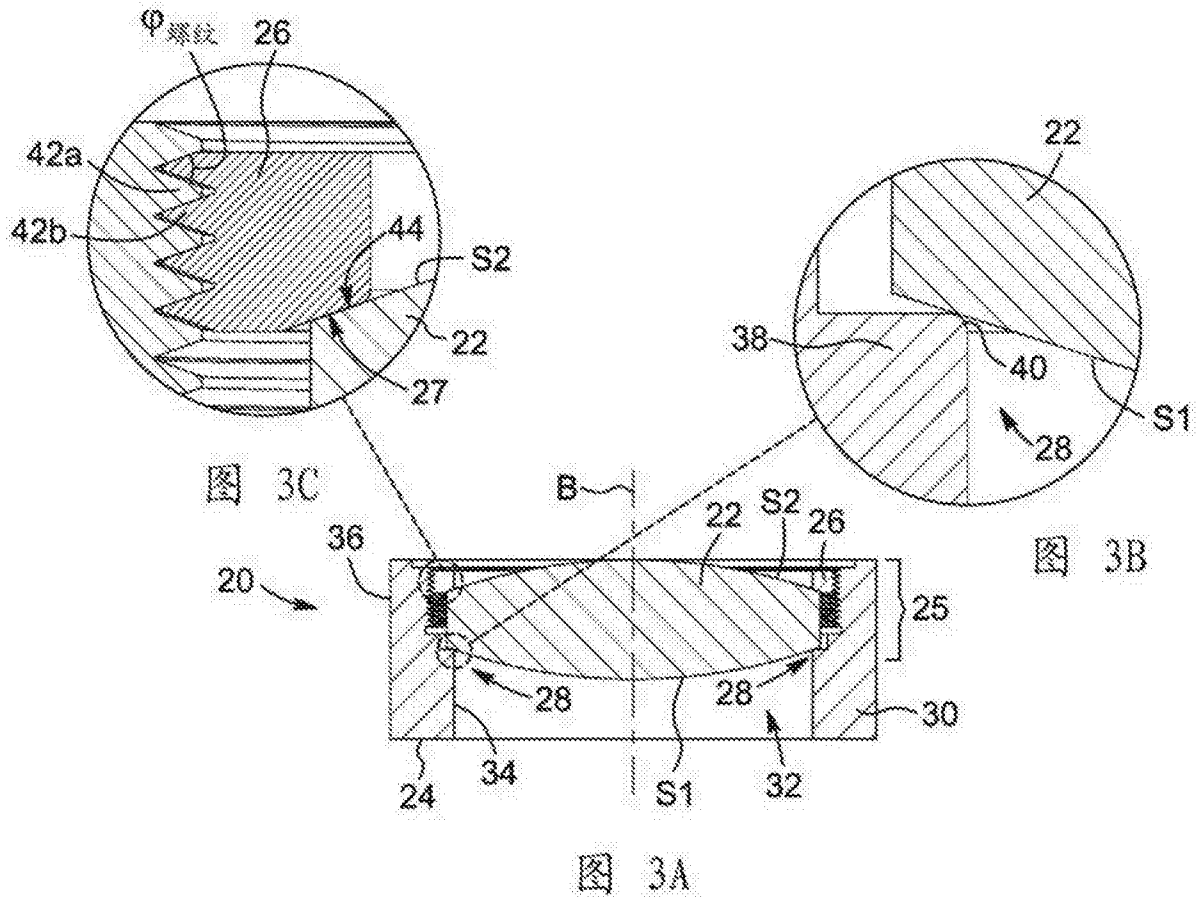


图3



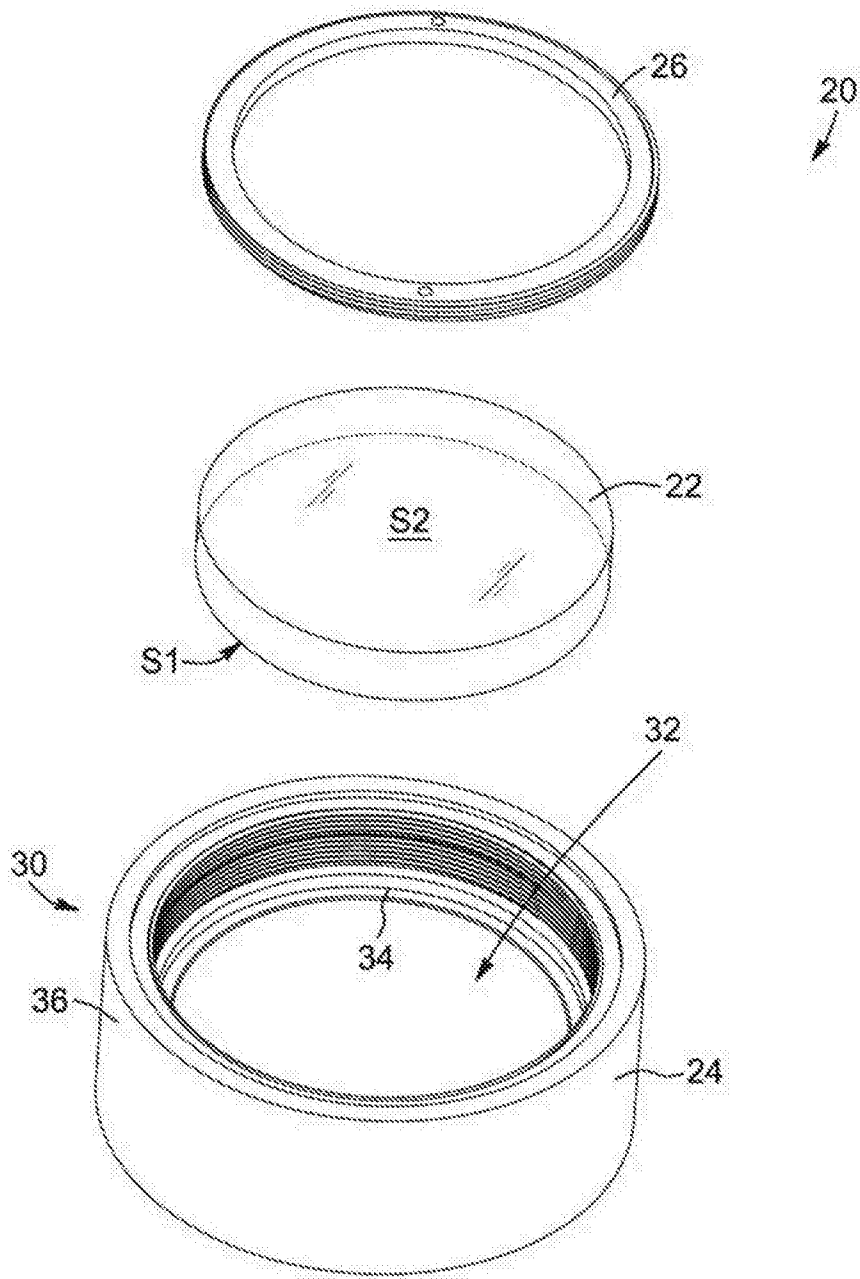


图4

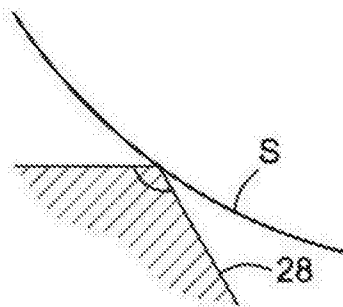


图5A

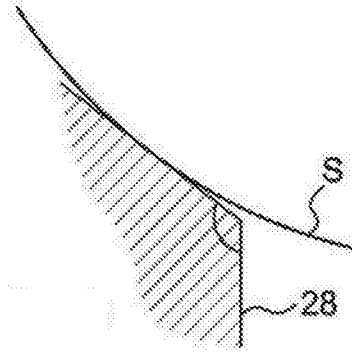


图5B

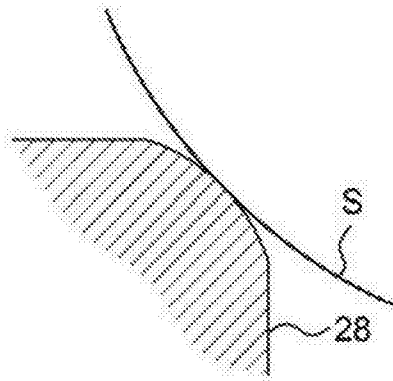


图5C

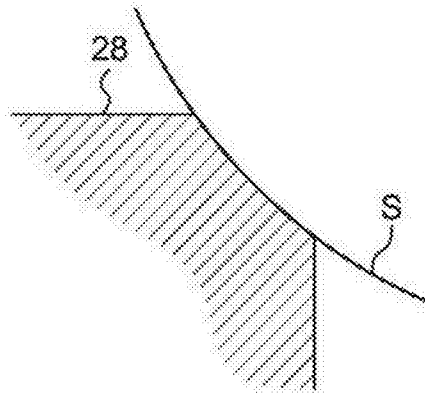


图5D

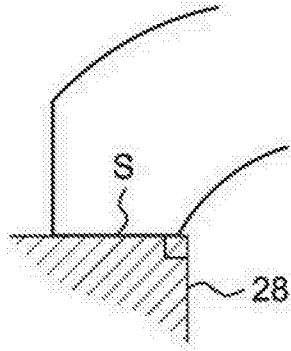


图5E

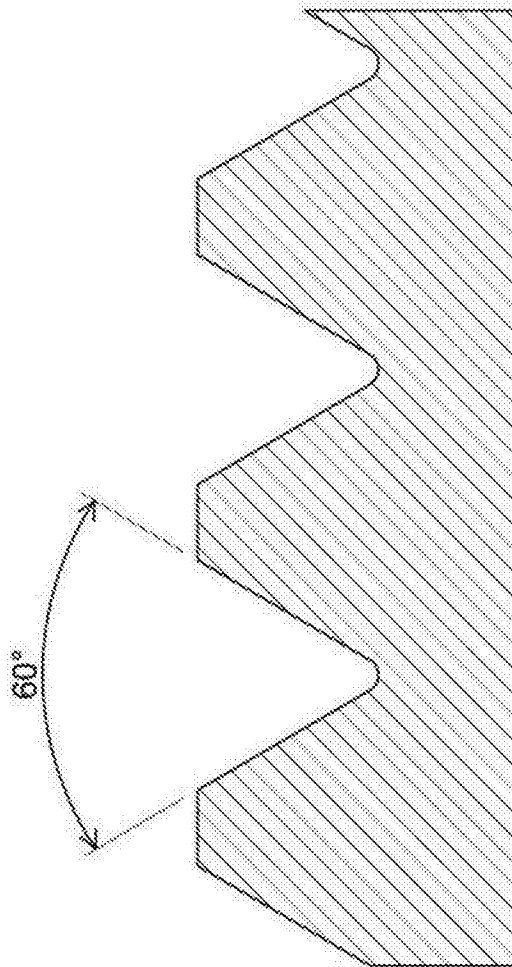


图6A

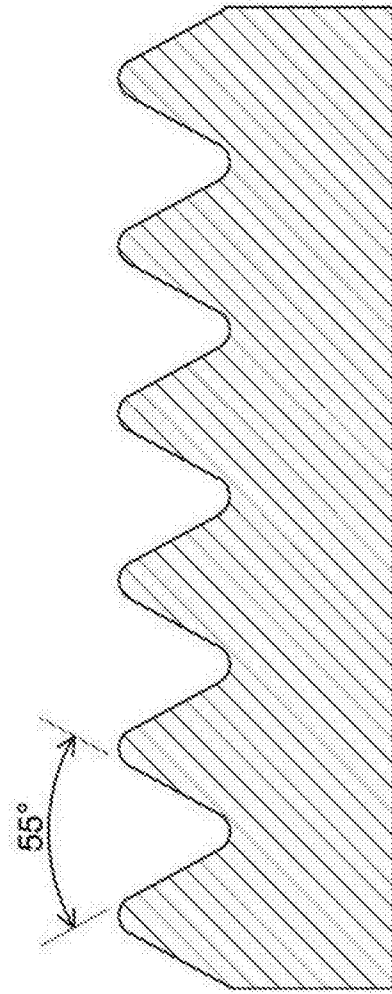


图6B

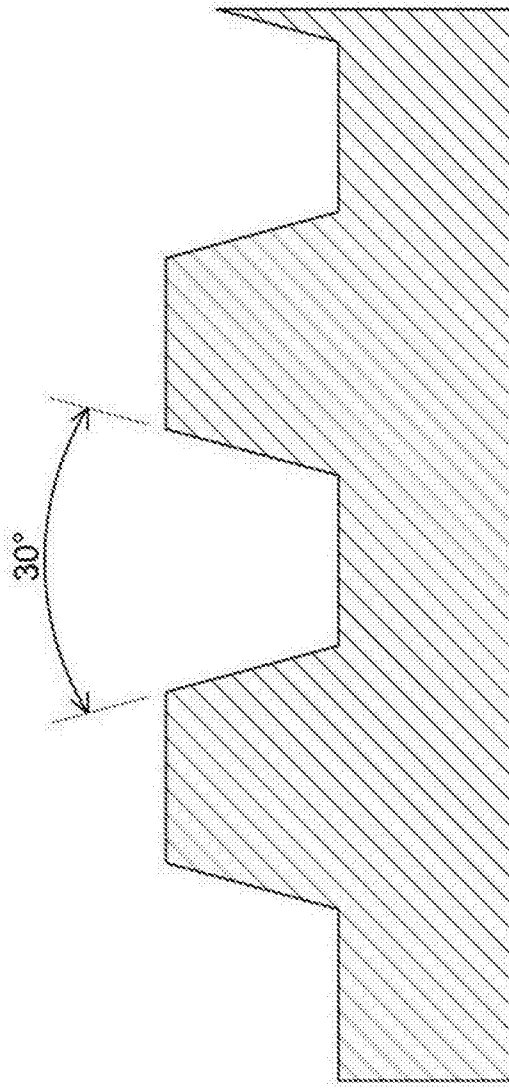


图6C

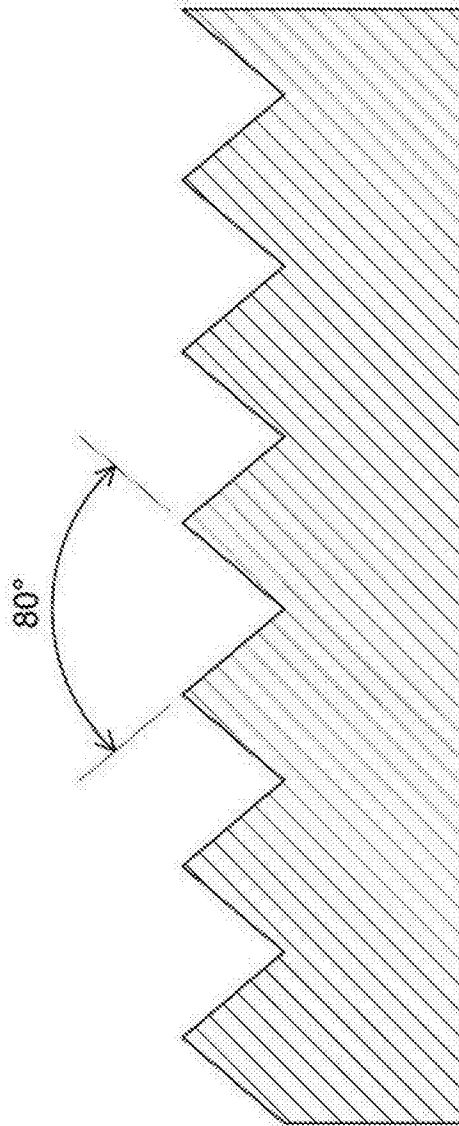


图6D

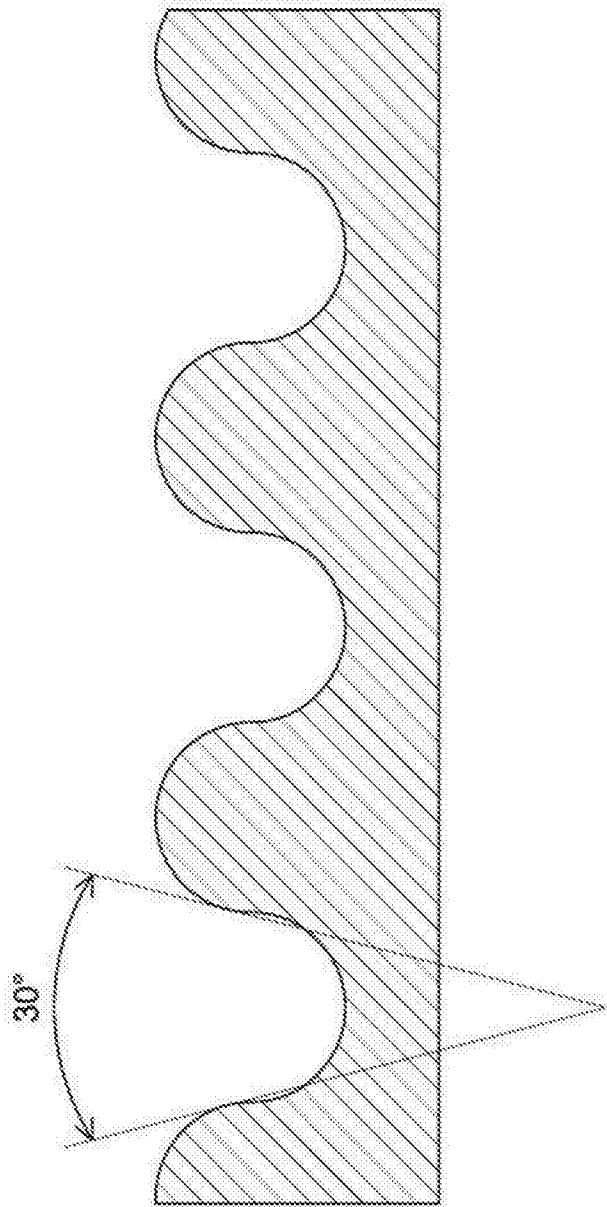


图6E

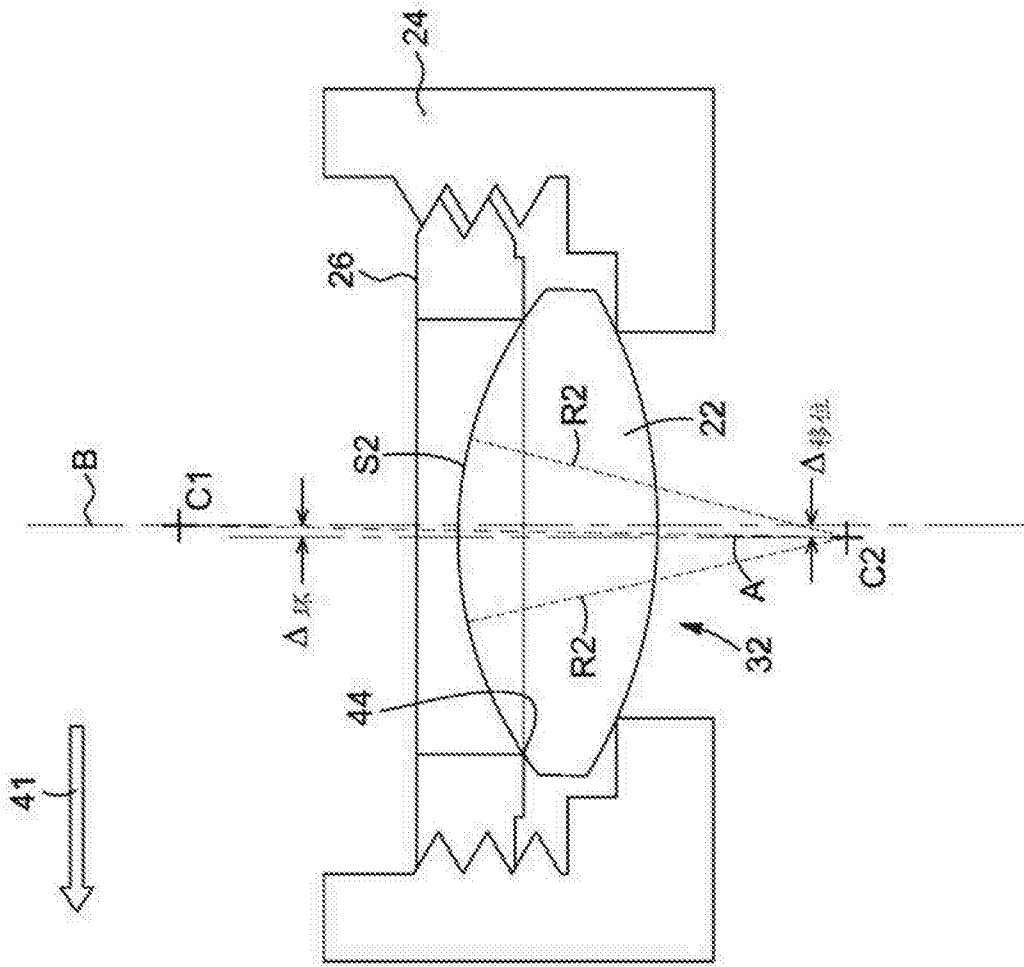


图7A

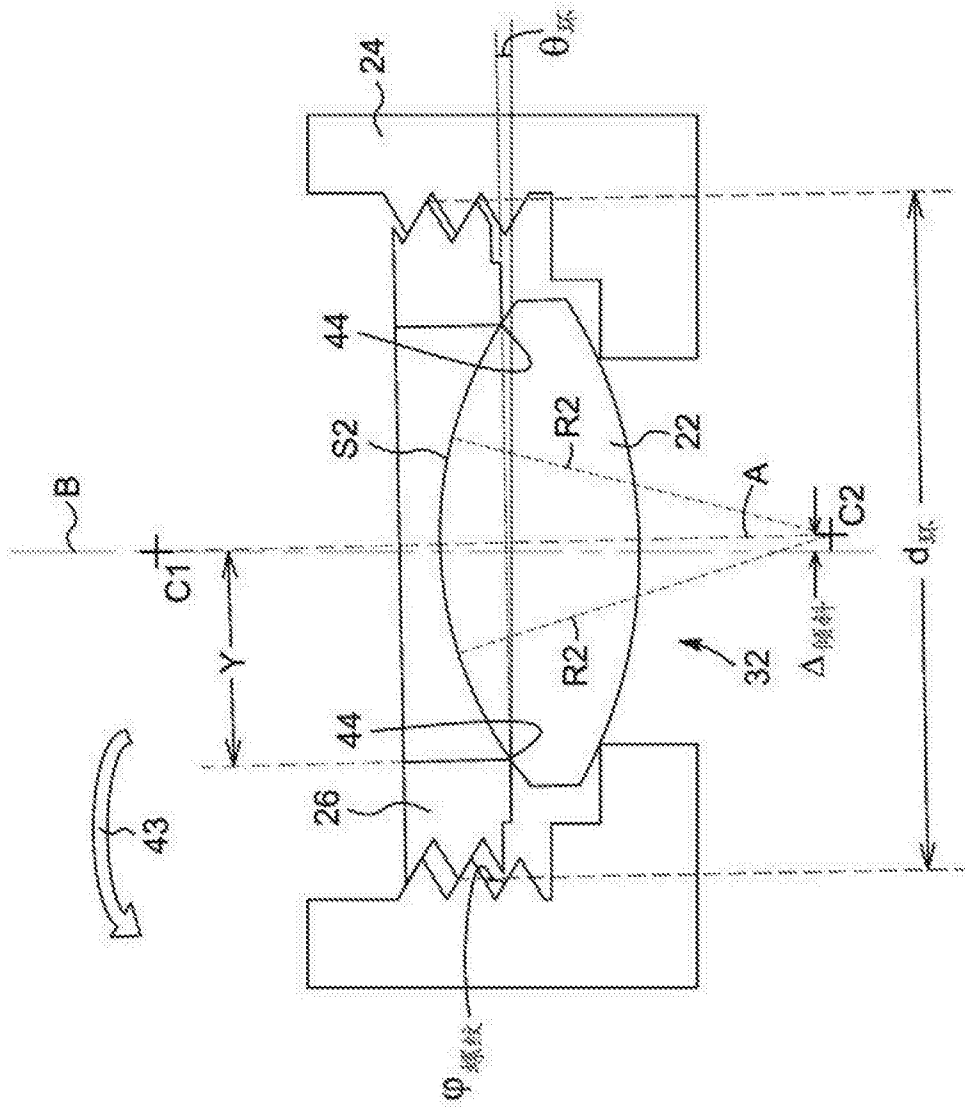


图7B

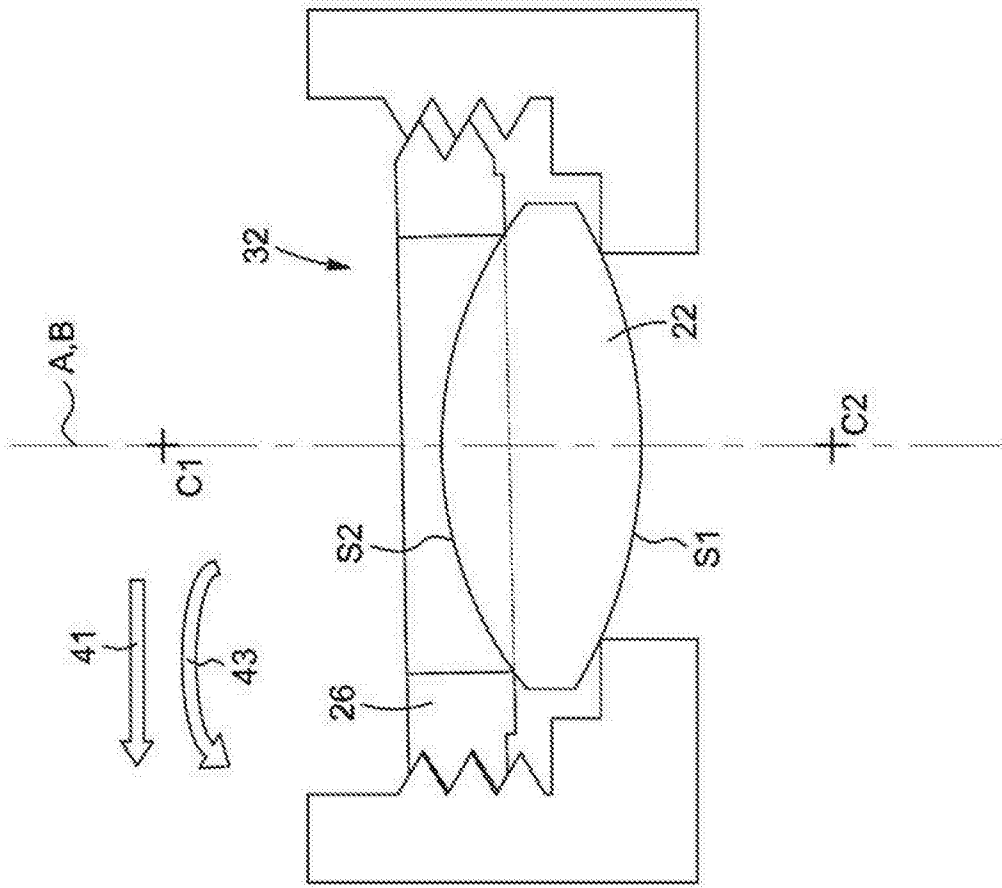


图7C

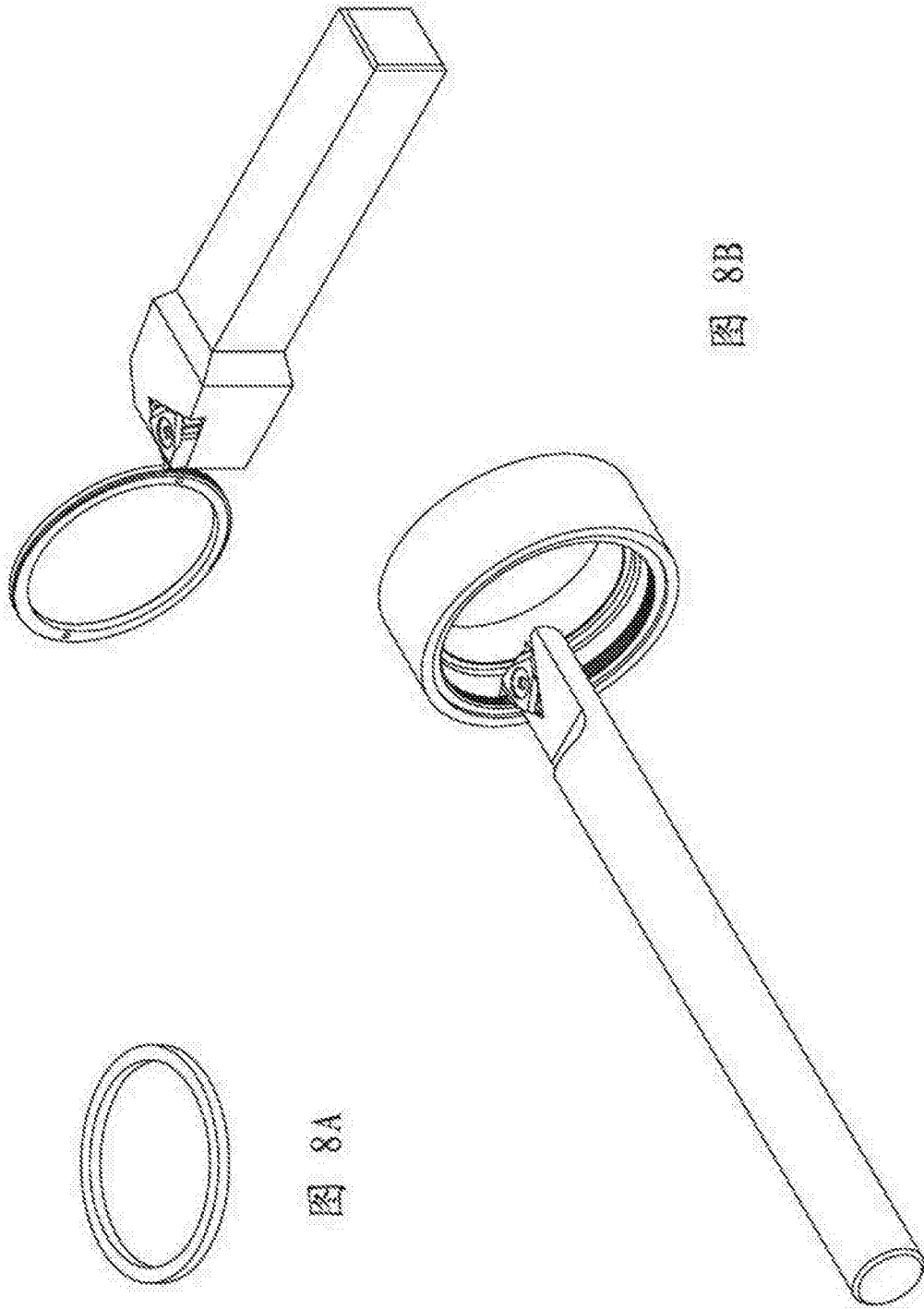


图 8A

图 8B

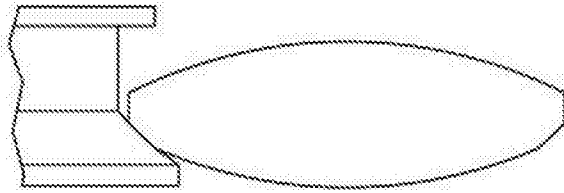


图8C

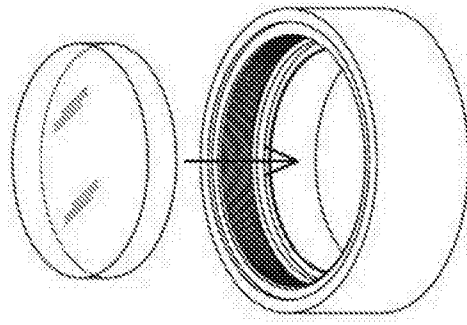


图8D

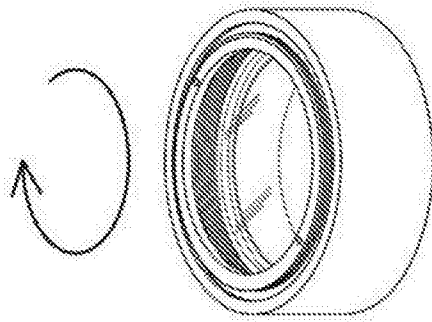


图8E

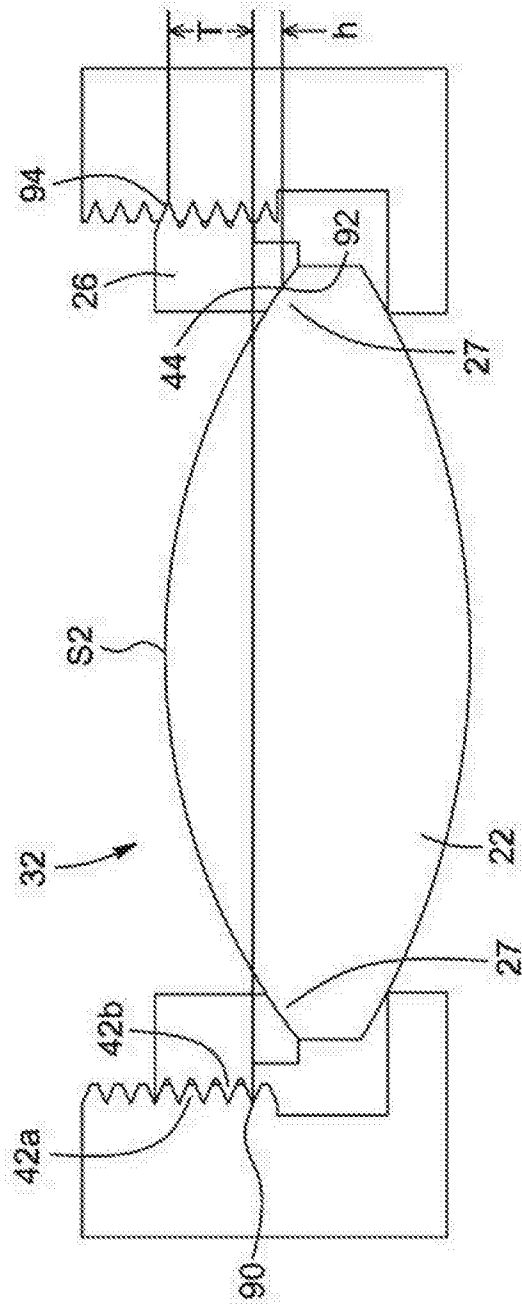


图9

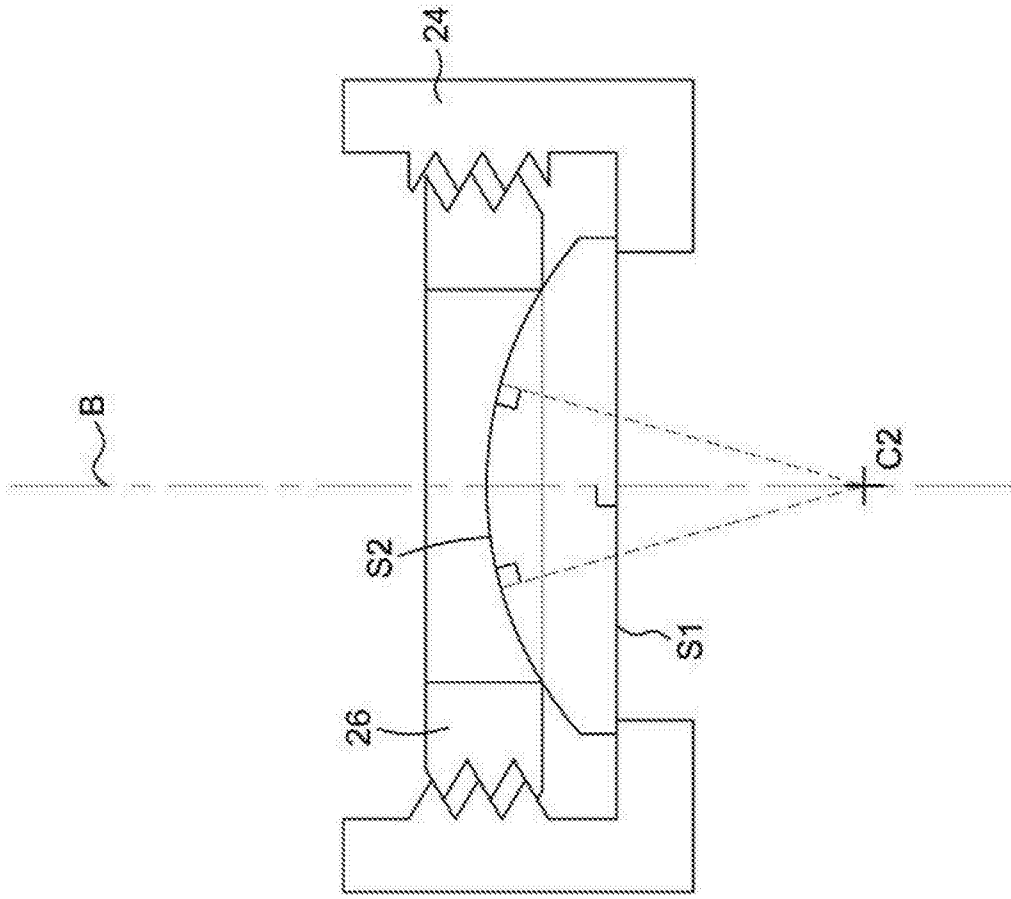


图10A

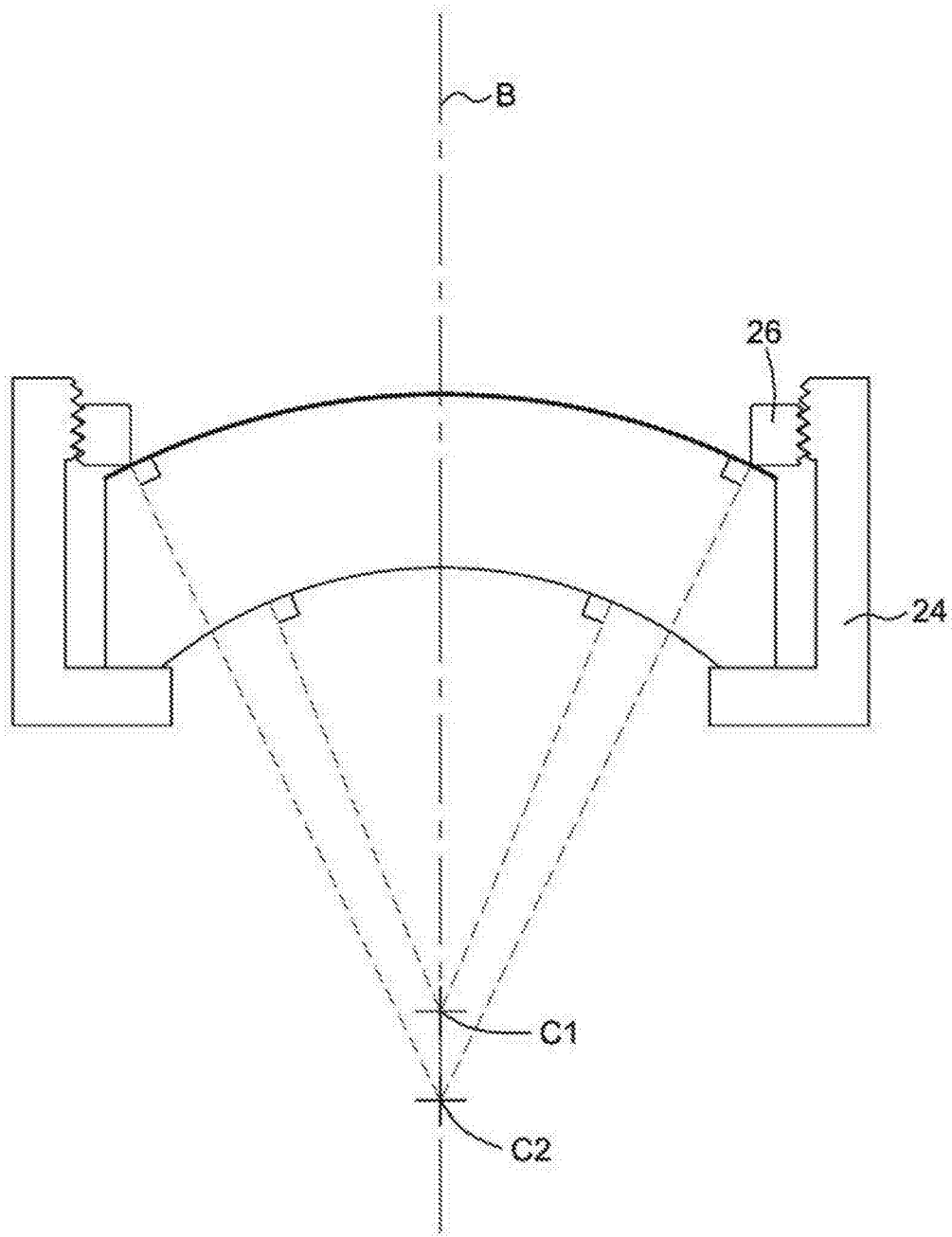


图10B

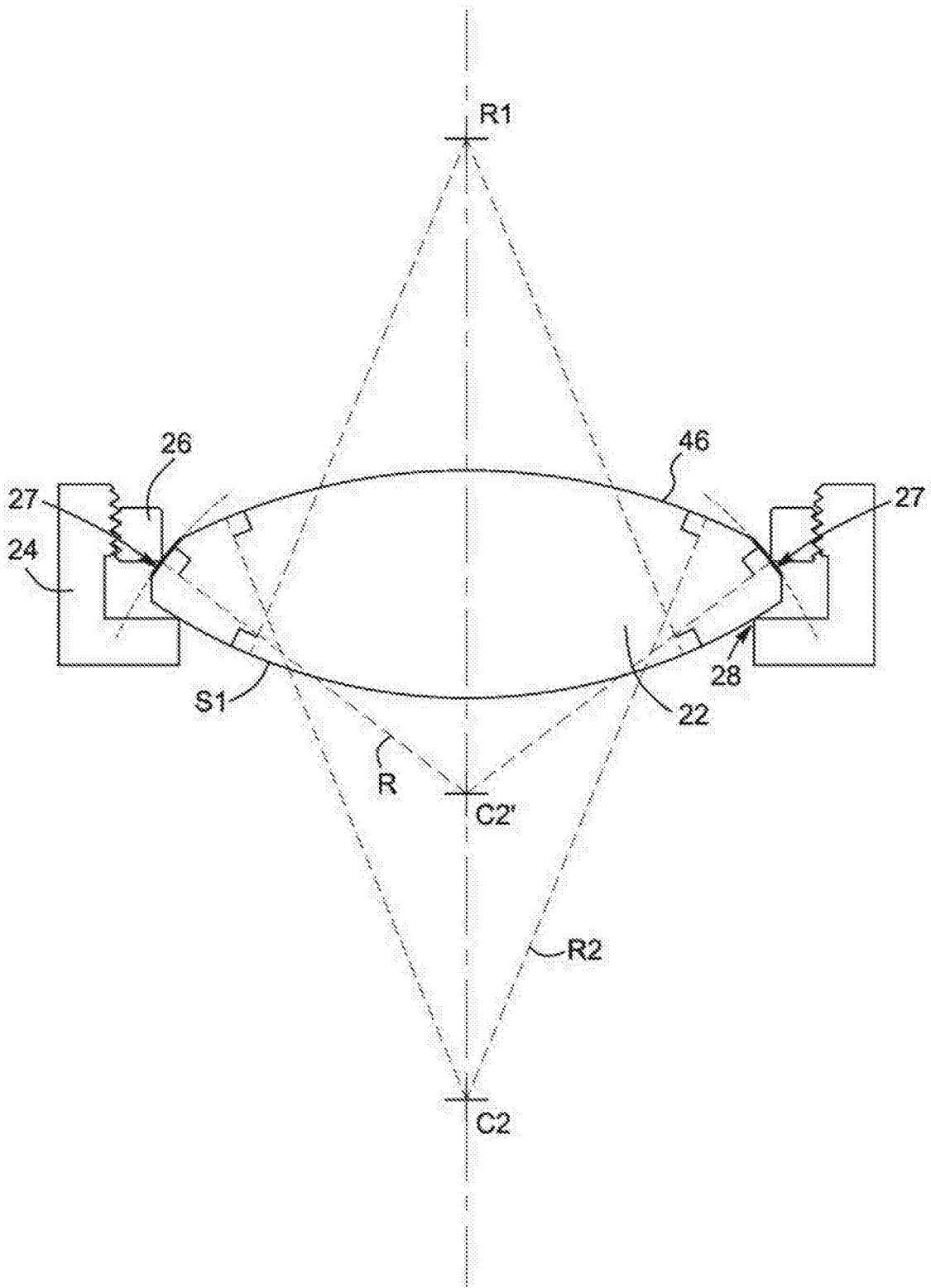


图11A

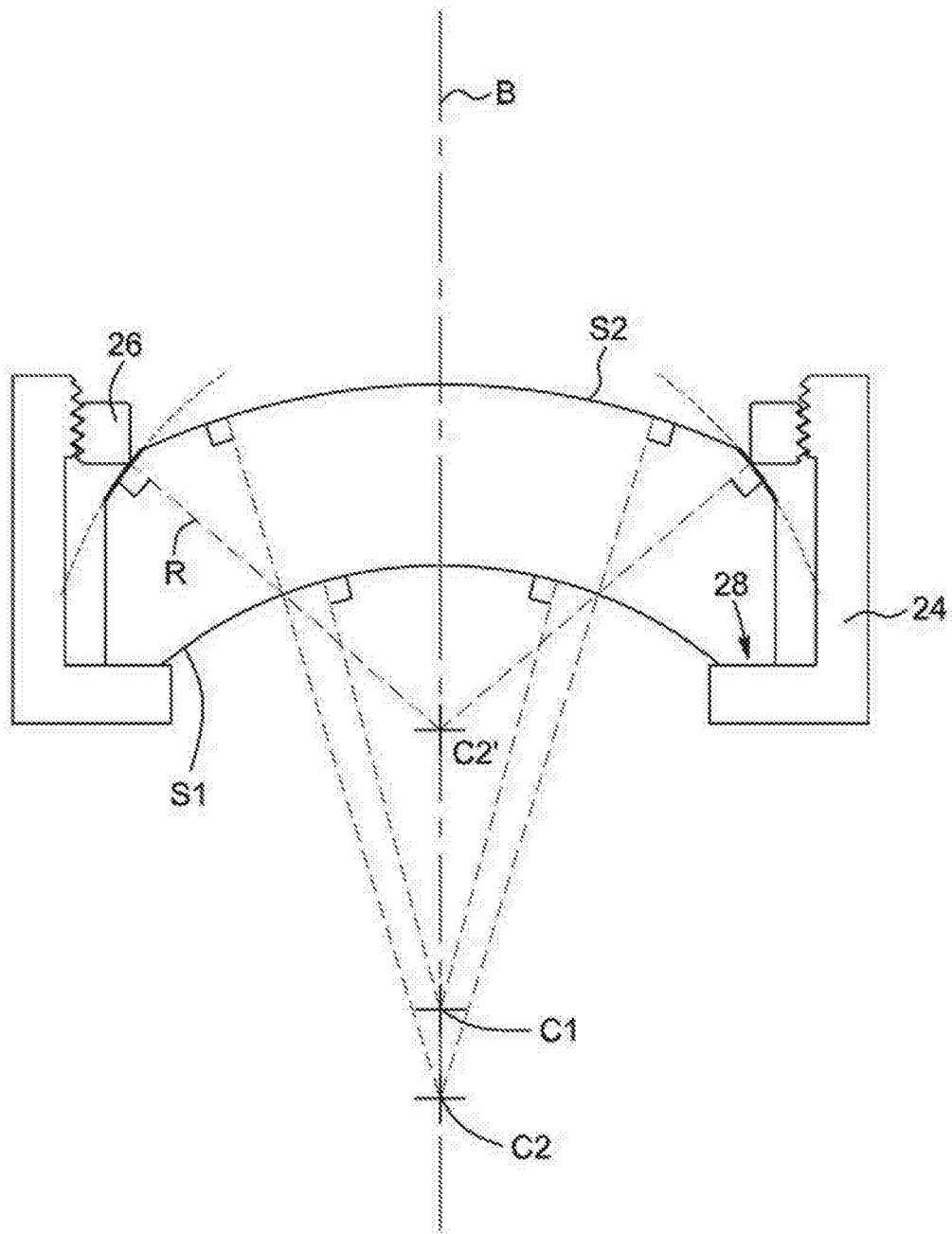


图11B

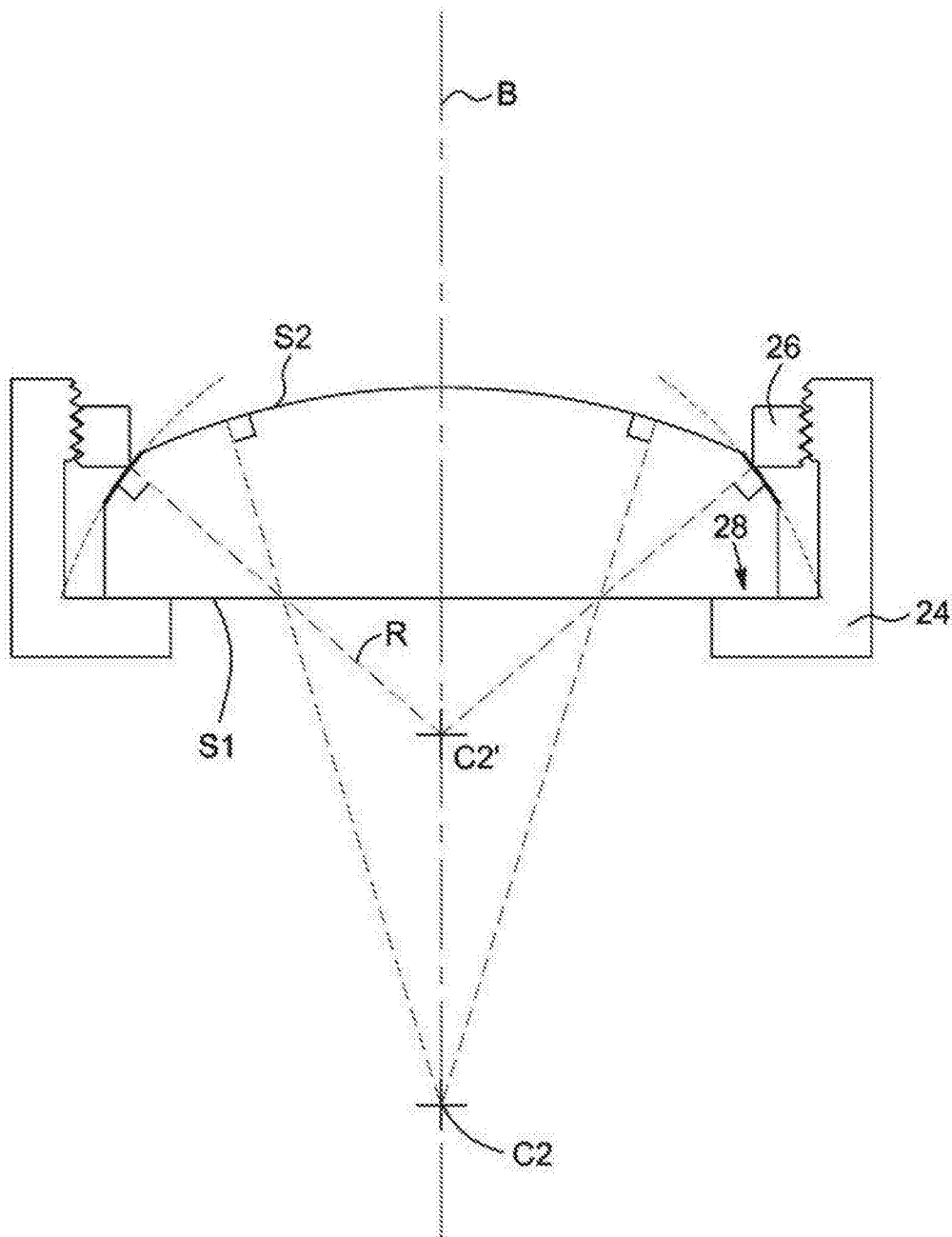


图11C

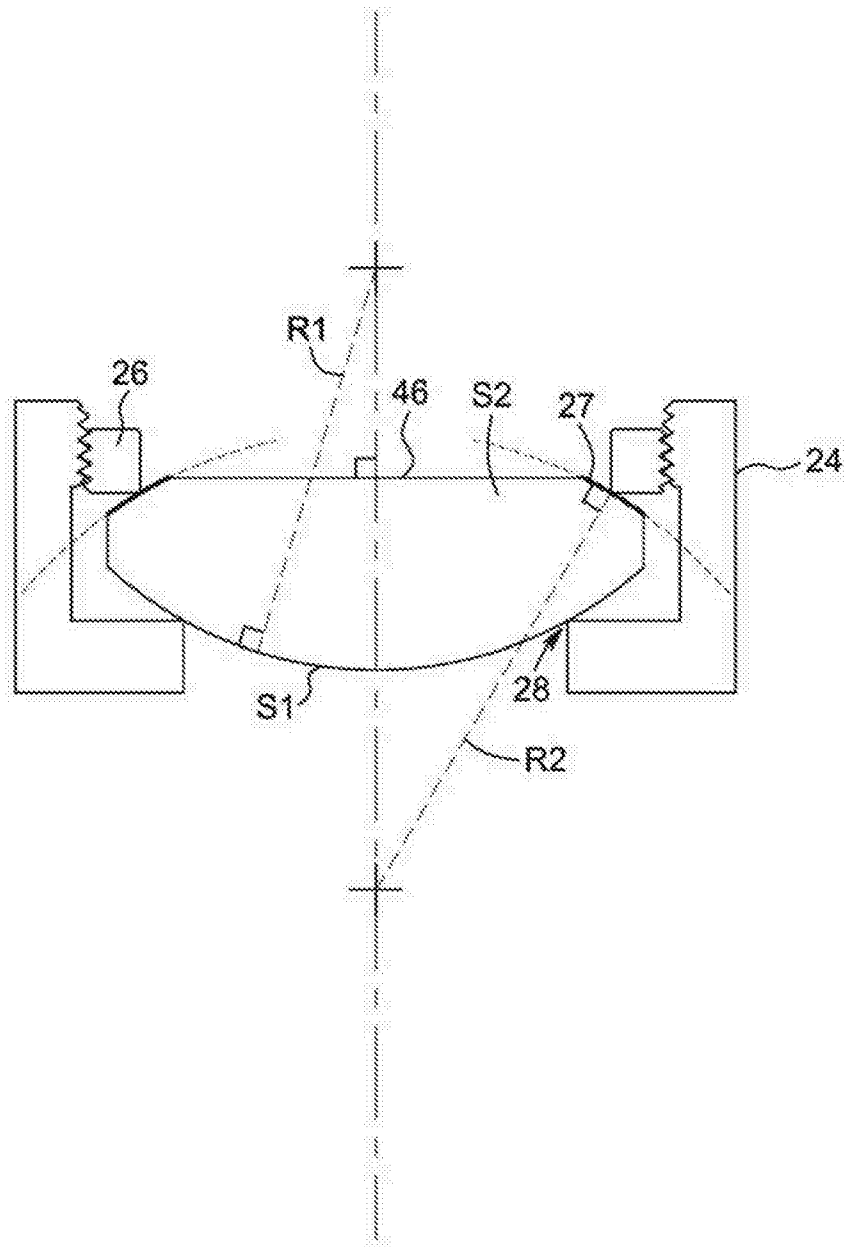


图11D

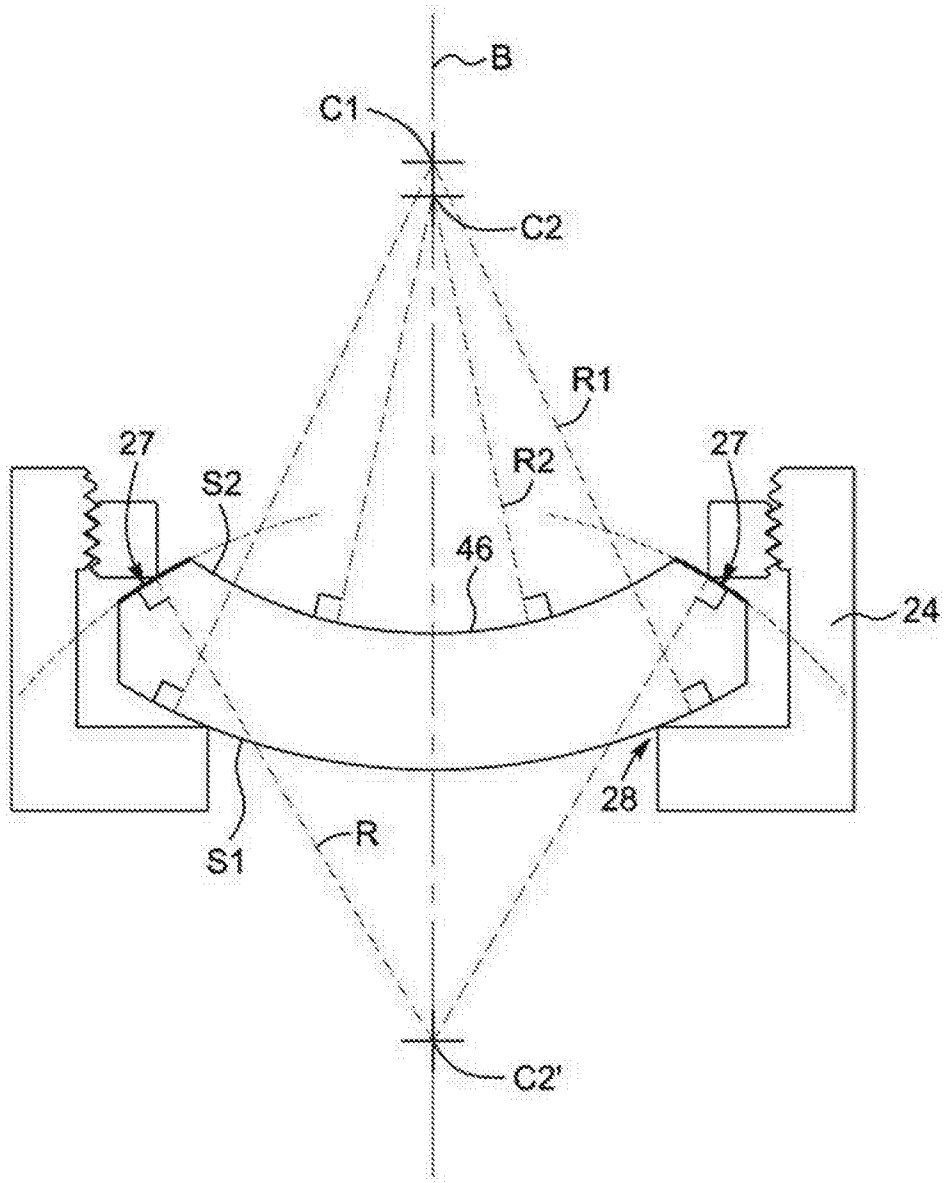


图12A

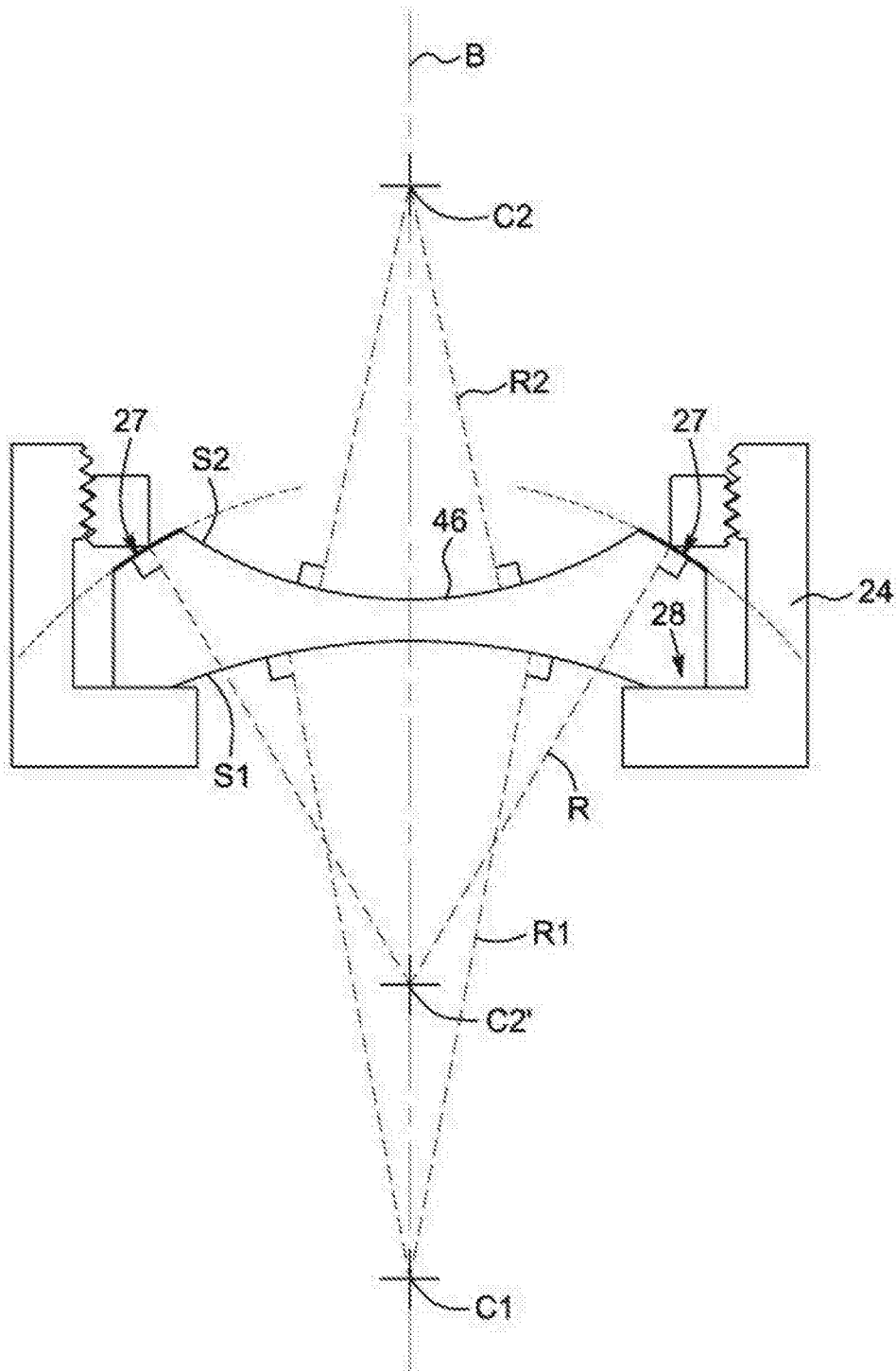


图12B

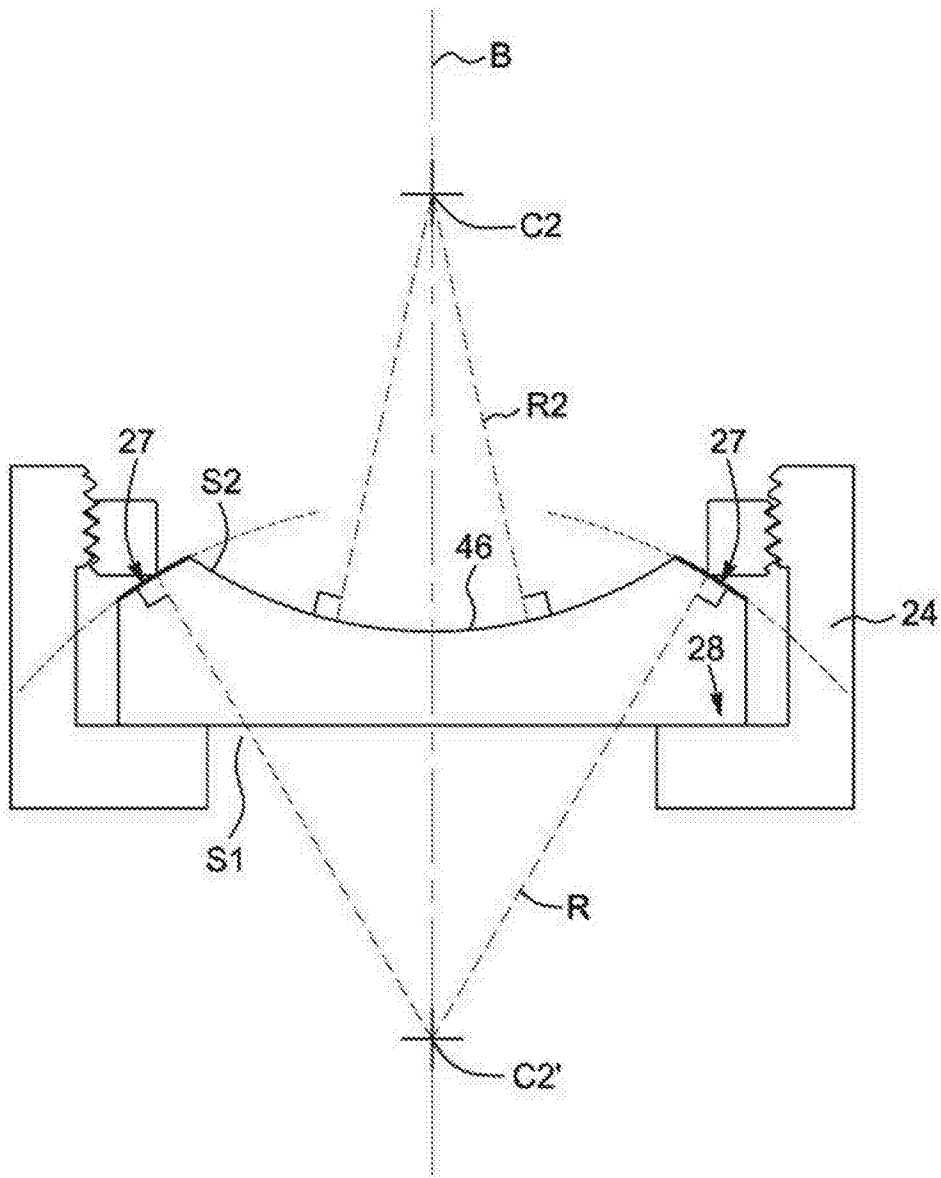


图12C

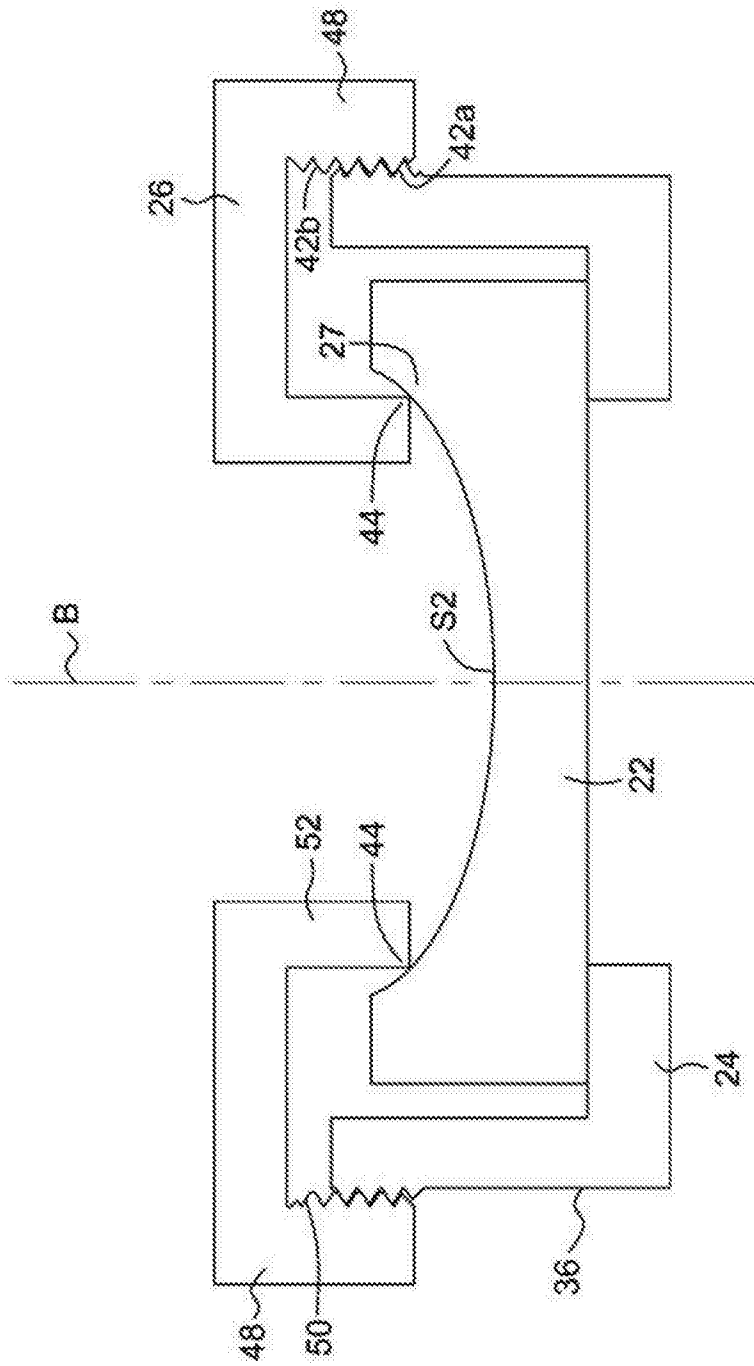


图13

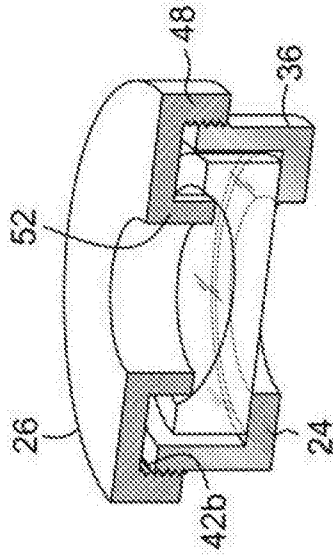


图13A

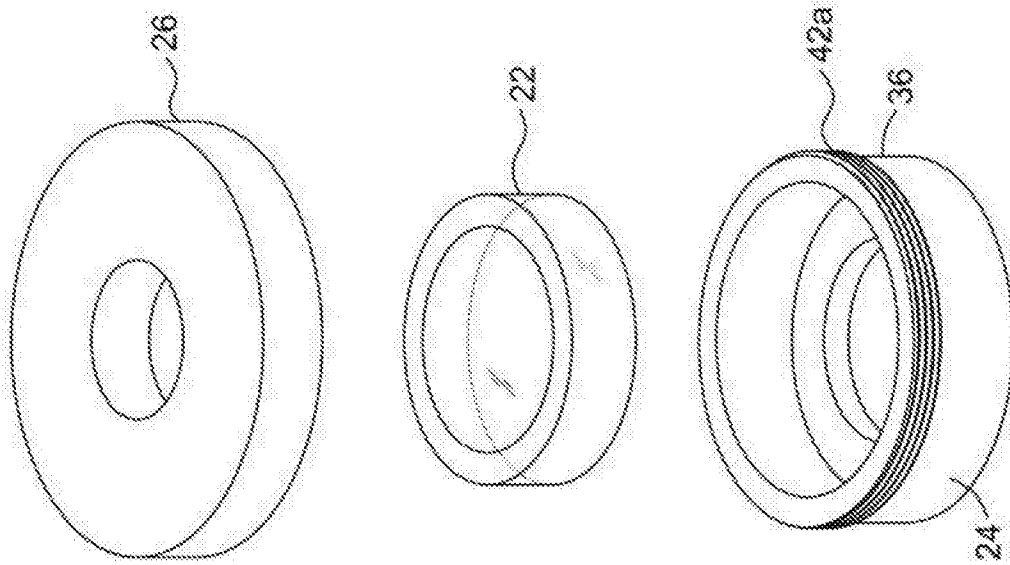


图13B

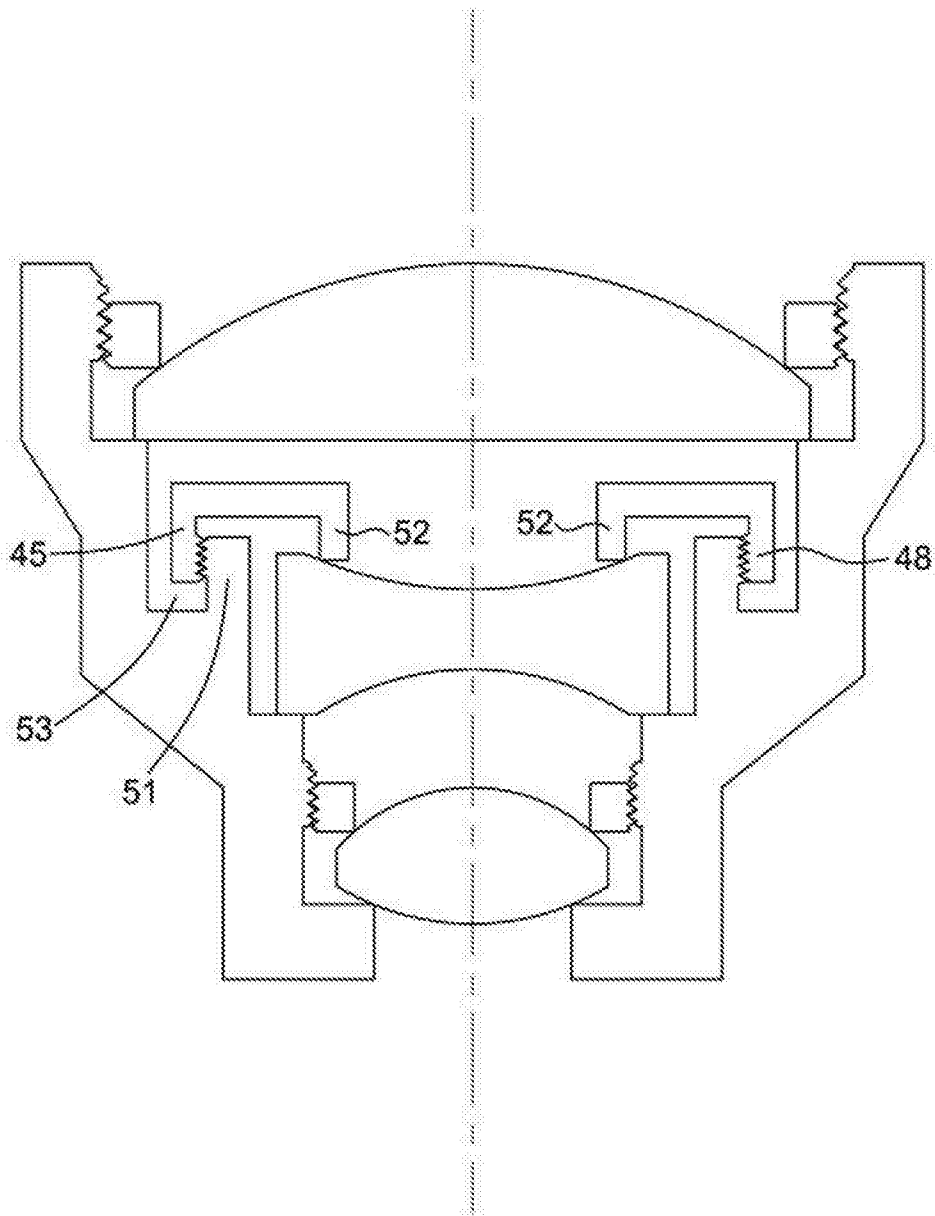


图14A

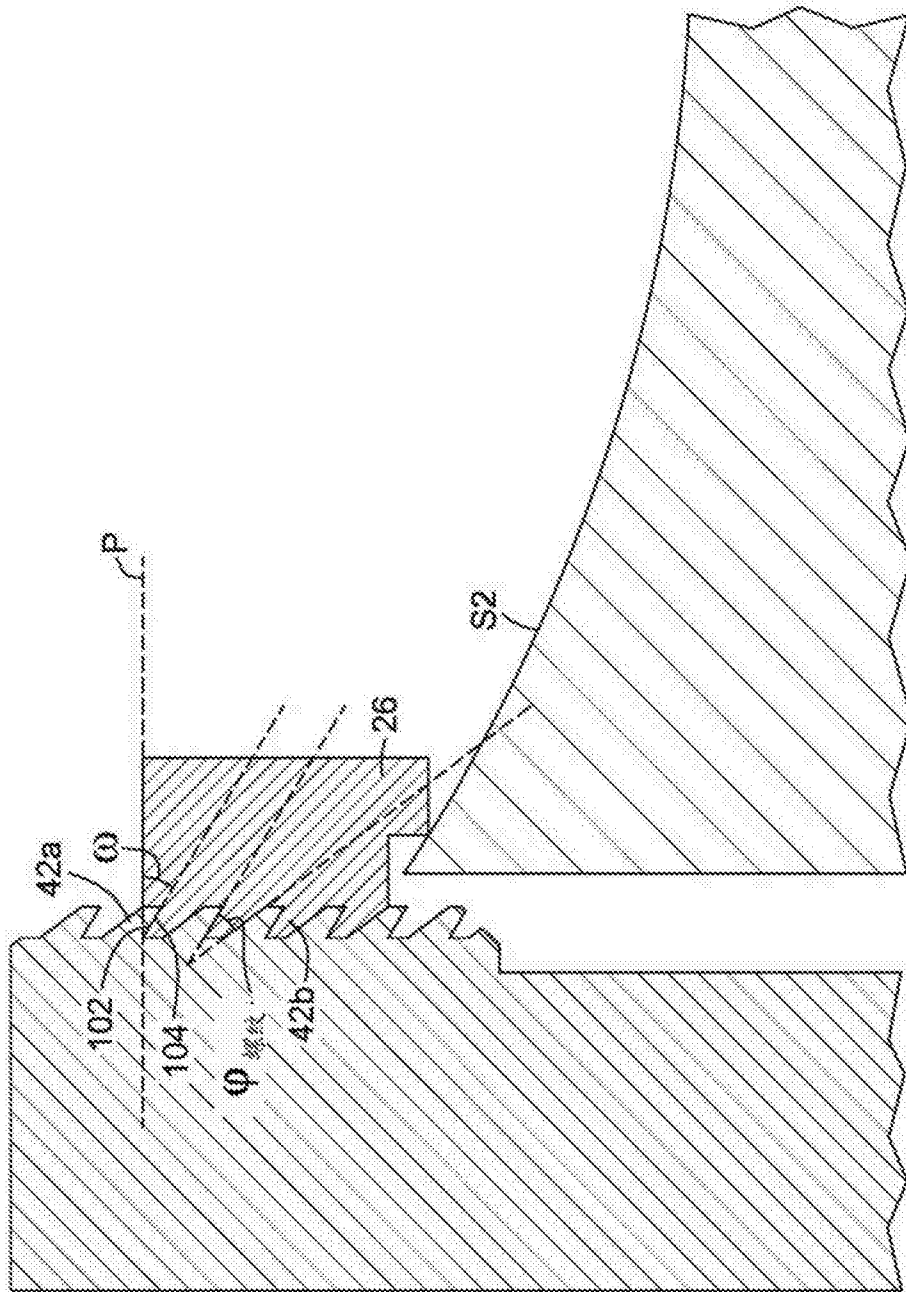


图14B

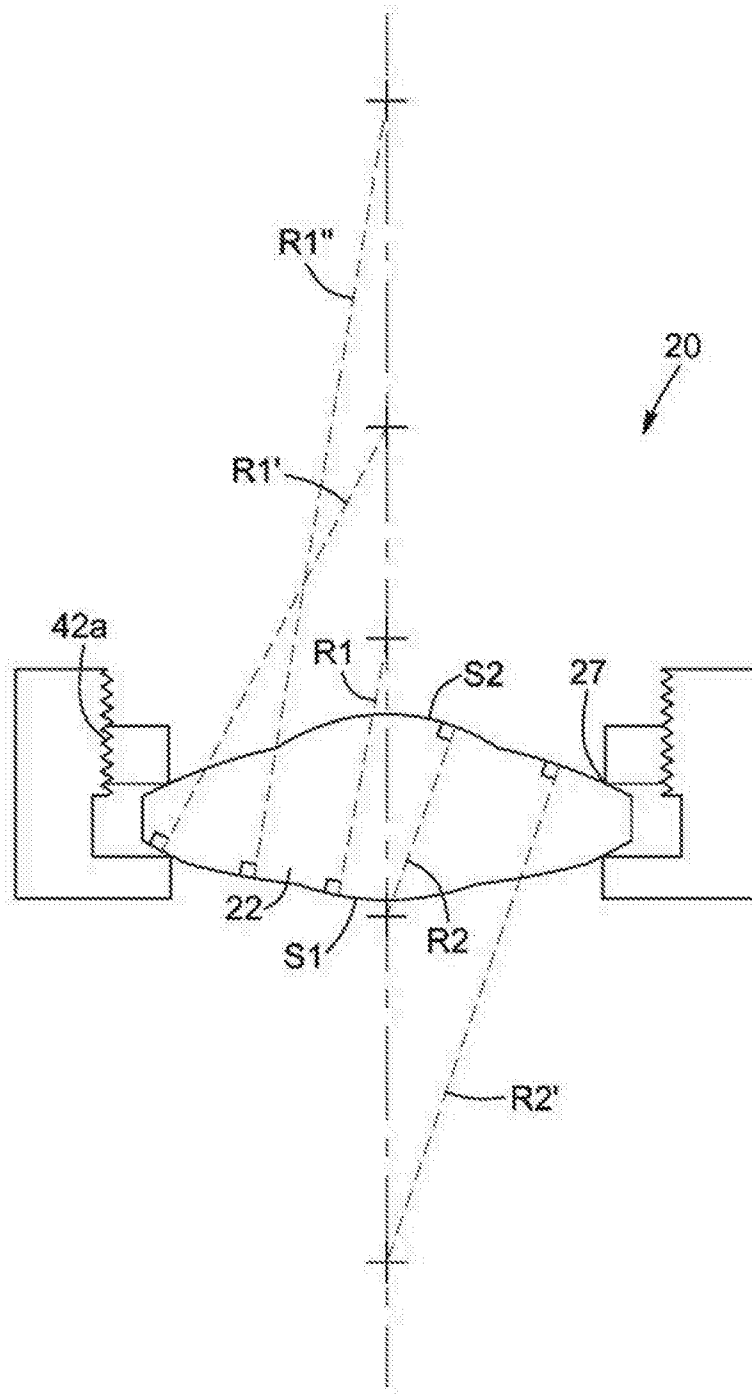


图15

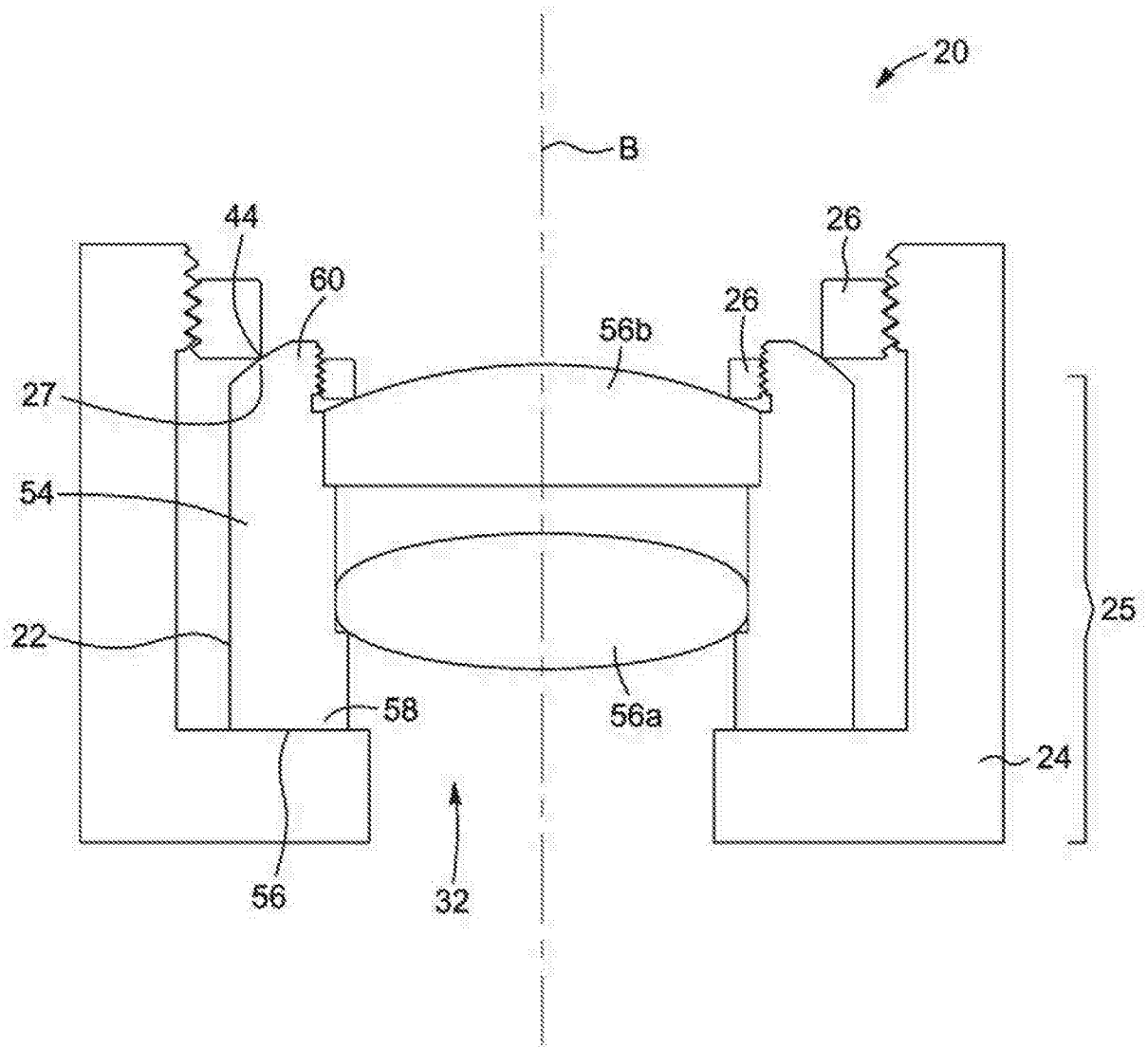


图16

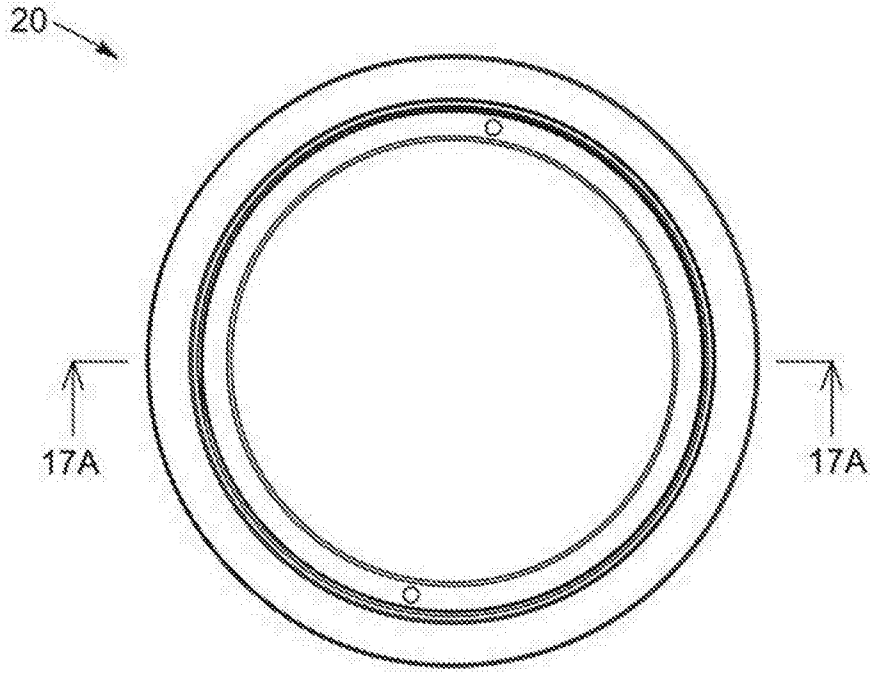


图17

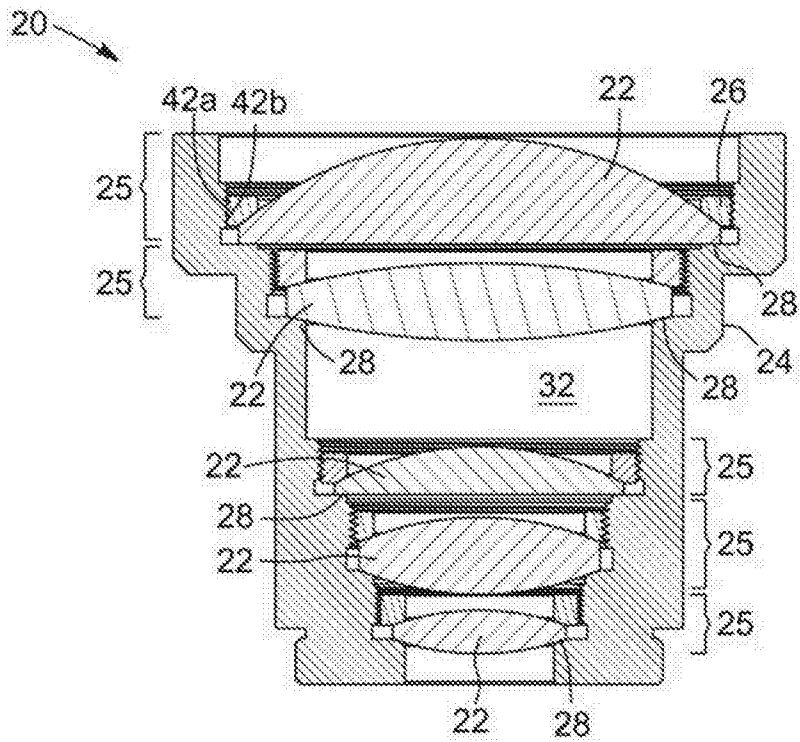


图17A

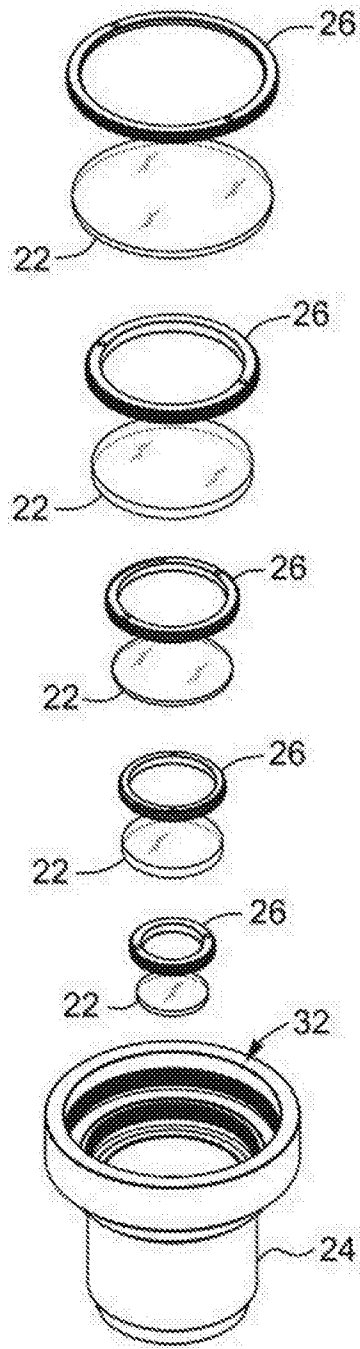
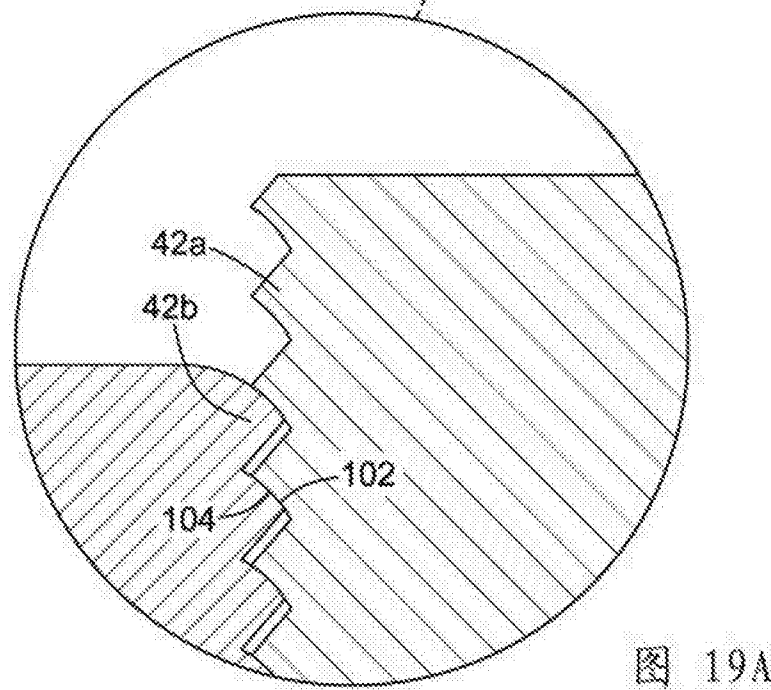
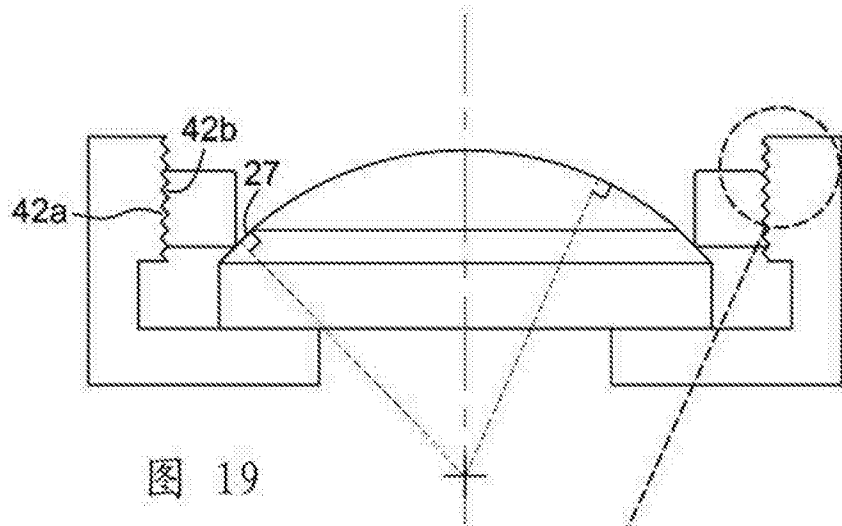


图18



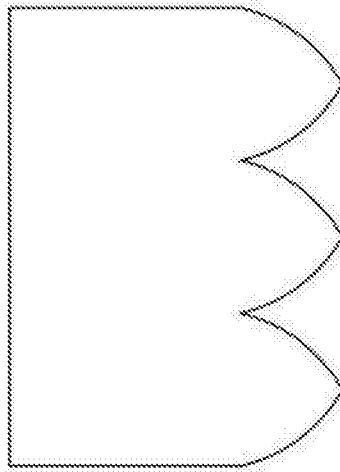


图19B

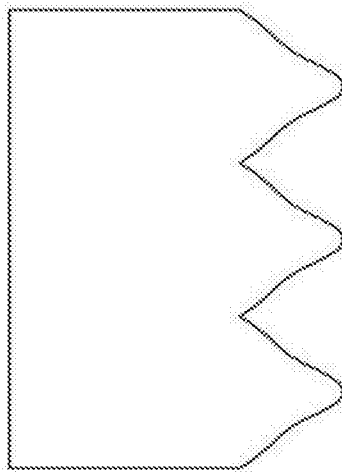


图19C

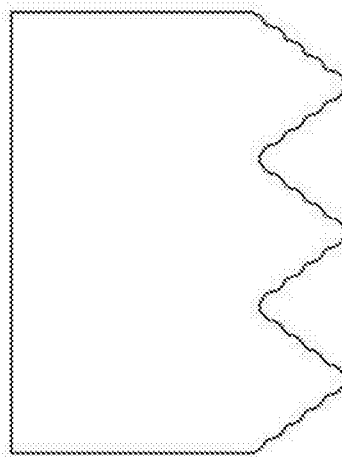


图19D

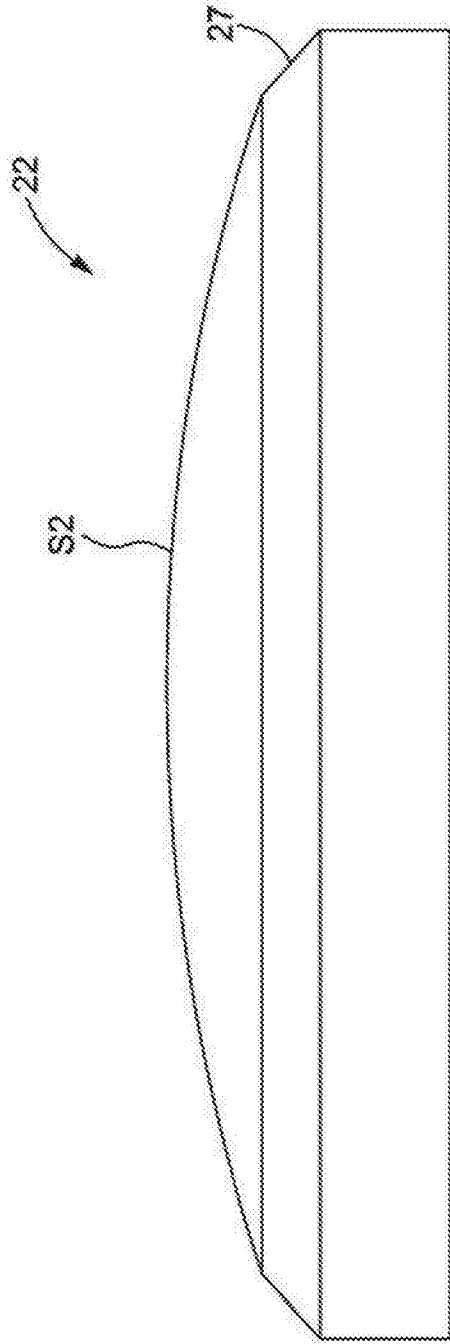


图19E

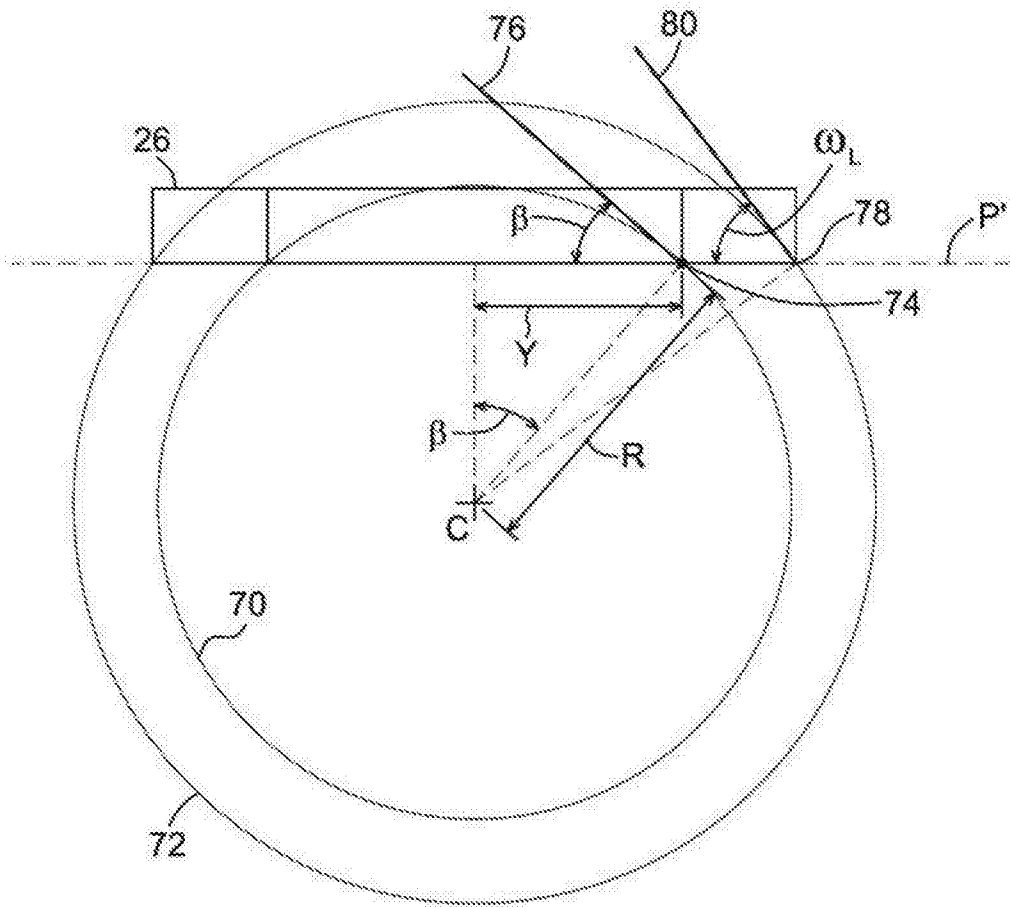


图20

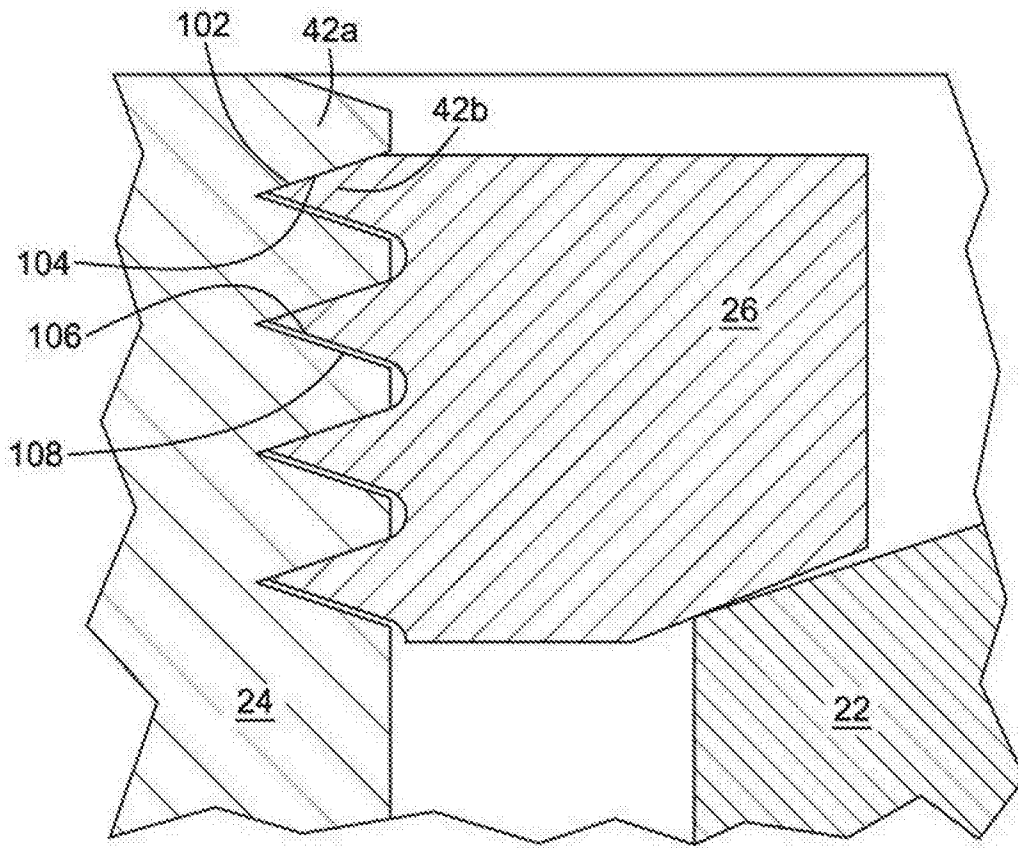


图21

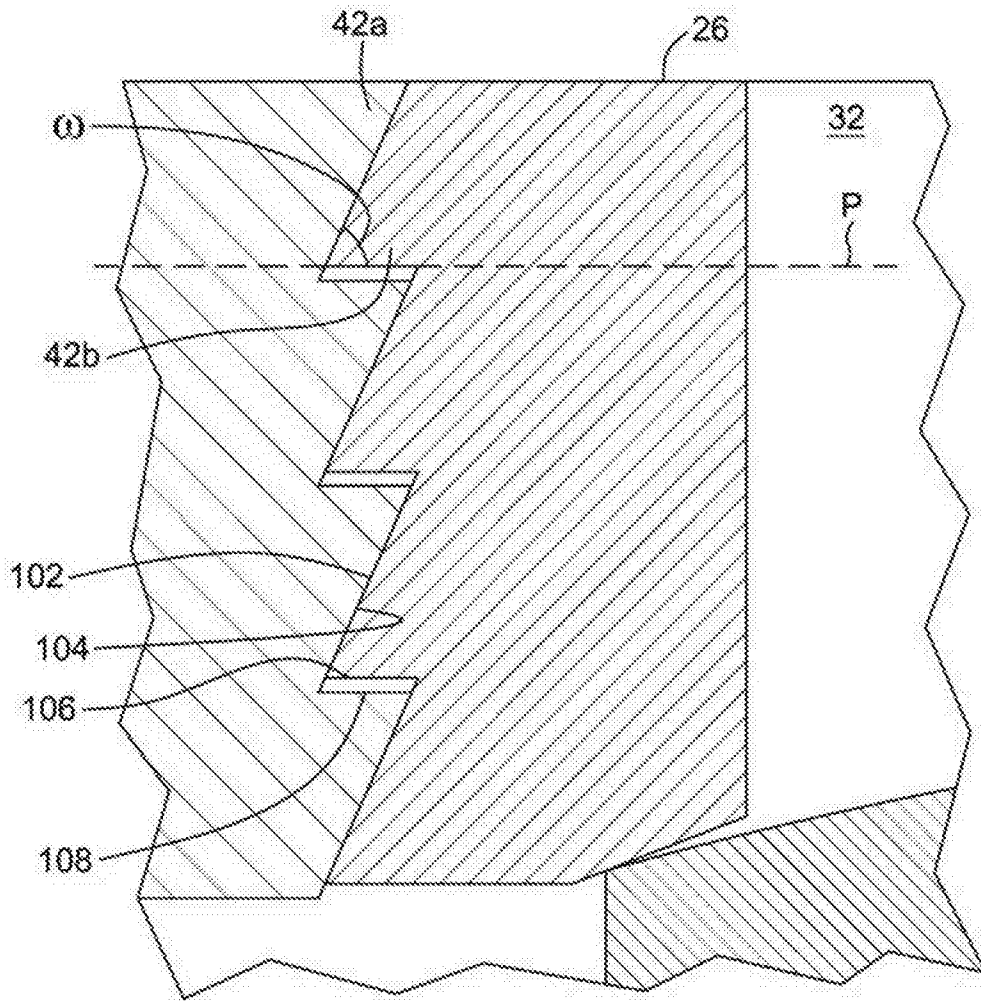


图22

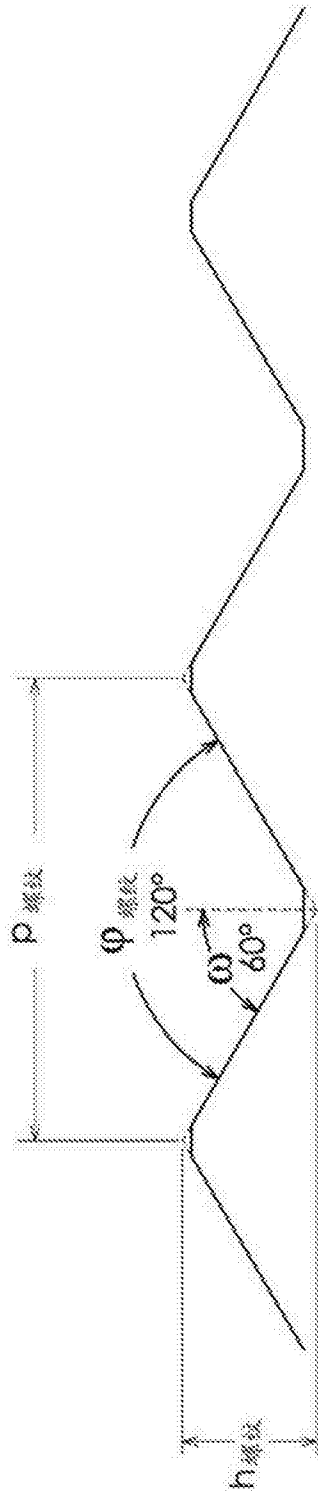


图23A

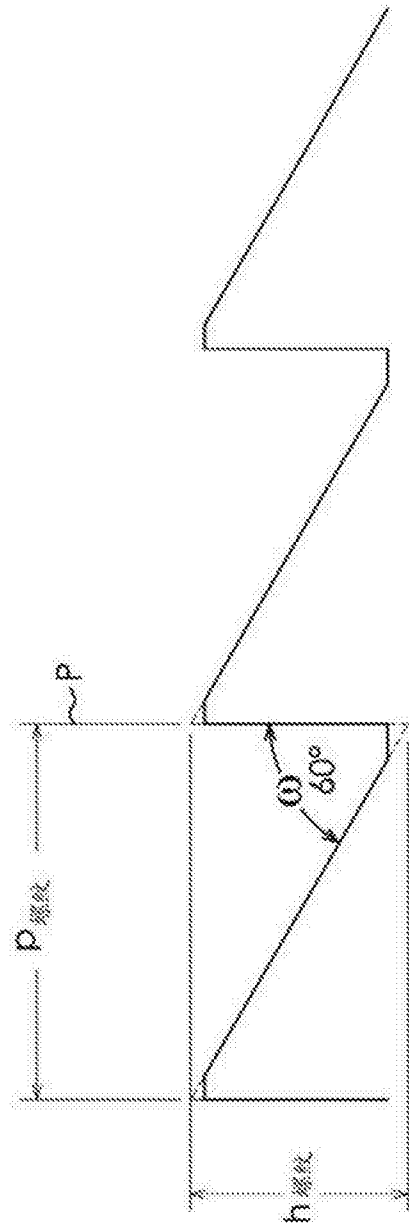


图23B

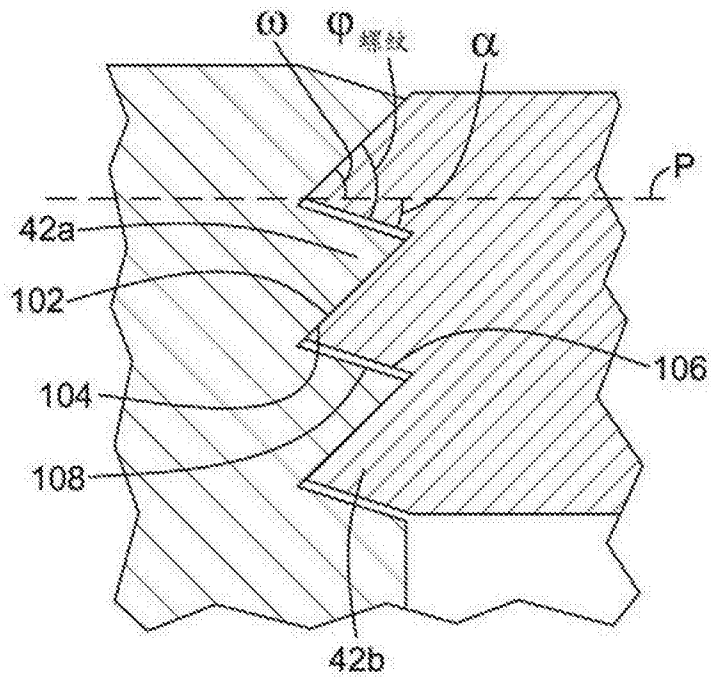


图24A

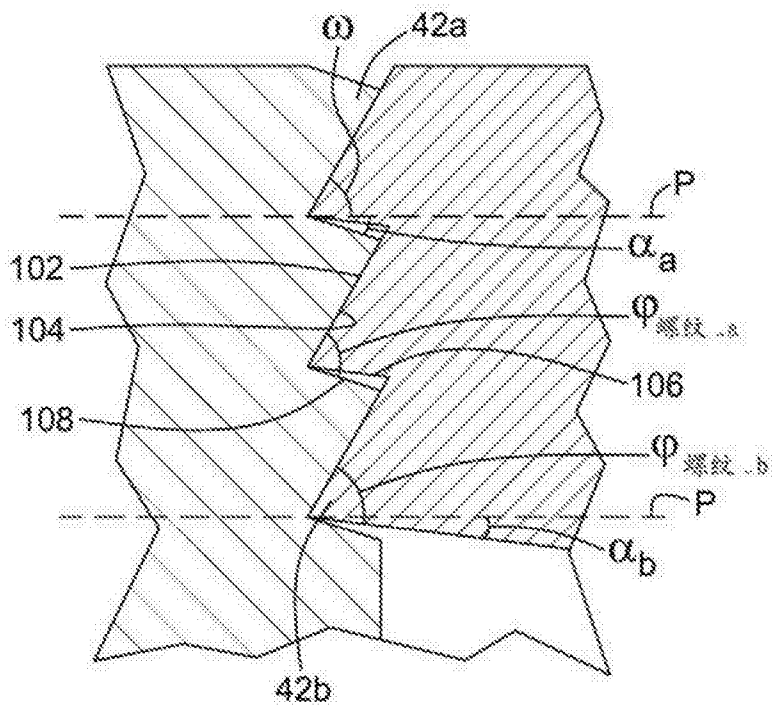


图24B