



(45) 授权公告日 2016.06.29

代理人 李晓芳

1. 一种可变扁平角膜患者接口,其包括:
透镜支撑系统,其可附接到眼科手术激光系统的远端;
接触透镜,其由所述透镜支撑系统支撑且被构造成接触眼表;和
可调整耦接器,其耦接至所述透镜支撑系统和所述接触透镜中的至少一个,并且包括抽吸环,所述抽吸环被适配为与所述眼表形成气密接触,以及
所述可调整耦接器被构造成
耦接至所述眼表的非中心区域,
使所述接触透镜适于接触具有中心扁平角膜的所述眼表的中心区域,同时将第一次抽吸施加到所述抽吸环,
使所述接触透镜适于接触所述眼表中大于所述中心区域的具有延伸扁平角膜的延伸区域,同时将第二次抽吸施加到所述抽吸环,和
在将第一次抽吸施加到所述抽吸环之后通过改变所述透镜支撑系统相对于可调整耦接器的配置来实现所述中心扁平角膜与所述延伸扁平角膜之间的改变。
2. 根据权利要求1所述的可变扁平角膜患者接口,其中:
所述可调整耦接器被构造来实现所述中心扁平角膜与所述延伸扁平角膜之间的所述改变而不释放与所述眼表的所述非中心区域的所述耦接。
3. 根据权利要求1所述的可变扁平角膜患者接口,其中实现所述中心扁平角膜与所述延伸扁平角膜之间的改变包括:
从所述中心扁平角膜到所述延伸扁平角膜的改变,和
从所述延伸扁平角膜到所述中心扁平角膜的改变。
4. 根据权利要求1所述的可变扁平角膜患者接口,其中:
所述可调整耦接器与所述透镜支撑系统整合。
5. 根据权利要求1所述的可变扁平角膜患者接口,所述可调整耦接器还包括:
真空软管,其将抽吸泵与由所述接触透镜、所述抽吸环和所述眼表形成的对接腔室连接,其中
所述抽吸环包括能够提供到眼表的气密耦接的环、裙缘、锥体和气密结构中的至少一个。
6. 根据权利要求1所述的可变扁平角膜患者接口,其中:
接触所述眼表的所述中心区域的所述接触透镜使所述眼科手术激光系统能够实施以下至少一项:
白内障激光手术、囊切开术、晶状体消退、光剥离和眼睛晶状体的劈裂;且
接触所述眼表的所述延伸区域的所述接触透镜使所述眼科手术激光系统能够形成以下至少一项:
缘松解切口、拱形切口、前房接达切口、前房进入切口、瓣切口和角膜屈光手术。
7. 根据权利要求1所述的可变扁平角膜患者接口,其中:
所述中心区域的半径在2mm至5mm的范围内;且
所述延伸区域的半径在4mm至9mm的范围内。
8. 根据权利要求1所述的可变扁平角膜患者接口,其中:
使所述接触透镜适于所述中心扁平角膜包括将所述接触透镜定位在第一透镜位置;

使所述接触透镜适于所述延伸扁平角膜包括将所述接触透镜定位在第二透镜位置,和实现所述中心扁平角膜与所述延伸扁平角膜之间的改变包括实现所述接触透镜在所述第一透镜位置与所述第二透镜位置之间的重新定位。

9. 根据权利要求8所述的可变扁平角膜患者接口,其中:

所述眼科手术激光系统包括:

致动器,所述致动器耦接至所述透镜支撑系统、所述接触透镜和所述可调整耦接器中的至少一个,且所述致动器包括机械系统、基于摩擦的系统、弹簧加载的系统、基于粘合剂的系统、气动系统、化学系统、热系统、磁系统、电系统和电磁系统中的至少一个,其中

所述致动器被构造成致动所述可调整耦接器以通过重新定位所述接触透镜来实现所述中心扁平角膜与所述延伸扁平角膜之间的所述改变。

10. 根据权利要求8所述的可变扁平角膜患者接口,其包括:

柔性连接器,其被构造成

将所述可调整耦接器连接至所述透镜支撑系统,

采取第一连接器构造来将所述接触透镜定位在所述第一透镜位置,

采取第二连接器构造来将所述接触透镜定位在所述第二透镜位置,和

能够在所述第一连接器构造与所述第二连接器构造之间改变构造。

11. 根据权利要求8所述的可变扁平角膜患者接口,其中:

所述透镜支撑系统和所述可调整耦接器是可分离元件;且

所述可变扁平角膜患者接口包括定位机构,其被构造成

使所述透镜支撑系统和所述可调整耦接器适于采取第一相对位置以将所述接触透镜定位在所述第一透镜位置,

使所述透镜支撑系统和所述可调整耦接器适于采取第二相对位置以将所述接触透镜定位在所述第二透镜位置,和

使所述透镜支撑系统和所述可调整耦接器能够在所述第一相对位置与所述第二相对位置之间改变。

12. 根据权利要求11所述的可变扁平角膜患者接口,其中:

所述可调整耦接器包括中空圆筒,其可与所述透镜支撑系统的中空圆筒可滑动地配合;且

所述定位机构被构造成将所述透镜支撑系统的所述圆筒锁定到所述可调整耦接器的所述圆筒。

13. 根据权利要求1所述的可变扁平角膜患者接口,其中:

所述可调整耦接器包括:

内抽吸环,其界定耦接至内真空软管的内对接腔室,和

外抽吸环,其界定耦接至外真空软管的外对接腔室,其中

所述内真空软管和所述外真空软管能够将所述对应的内对接腔室和所述对应的外对接腔室耦接至一个或多个真空泵。

14. 根据权利要求13所述的可变扁平角膜患者接口,其中:

所述可变扁平角膜患者接口被构造成当透过所述外真空软管对所述外对接腔室施加第一次抽吸时,使所述接触透镜接触所述眼表的所述中心区域;且

所述可变扁平角膜患者接口被构造成当透过所述内真空软管对所述内对接腔室施加第二次抽吸时,使所述接触透镜接触所述眼表的所述延伸区域。

15.根据权利要求1所述的可变扁平角膜患者接口,其中:

使所述接触透镜适于接触所述中心扁平角膜包括使所述接触透镜的形状适于采用第一透镜形状;

使所述接触透镜适于接触所述延伸扁平角膜包括使所述接触透镜的所述形状适于采用第二透镜形状;和

实现所述中心扁平角膜与所述延伸扁平角膜之间的改变包括实现所述接触透镜的所述形状在所述第一透镜形状与所述第二透镜形状之间改变。

16.根据权利要求15所述的可变扁平角膜患者接口,其中:

所述眼科手术激光系统包括:

致动器,所述致动器耦接至所述透镜支撑系统、所述接触透镜和所述可调整耦接器中的至少一个,且所述致动器包括机械系统、基于摩擦的系统、弹簧加载的系统、基于粘合剂的系统、气动系统、化学系统、热系统、磁系统、电系统和电磁系统中的至少一个,其中

所述致动器被构造成致动所述可调整耦接器以通过改变所述接触透镜的所述形状来实现所述中心扁平角膜与所述延伸扁平角膜之间的所述改变。

17.根据权利要求16所述的可变扁平角膜患者接口,其中:

所述致动器包括抽吸泵,其被构造成通过增大施加到所述可调整耦接器的抽吸来改变所述接触透镜的所述形状,其中

所述接触透镜包含能够改变其形状的材料。

18.根据权利要求16所述的可变扁平角膜患者接口,其中:

所述接触透镜包括流变流体,且

所述致动器被构造成通过施加磁场来改变所述接触透镜的柔性。

19.根据权利要求16所述的可变扁平角膜患者接口,其包括:

所述致动器被构造成朝向眼睛下降所述透镜支撑系统,造成所述接触透镜的所述形状的改变。

具可变扁平角膜的患者接口

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请按照35U.S.C.§119要求2011年12月23日提交的美国专利申请序列号第13/336,324号的优先权,所述申请的全部内容以引用方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本专利文件涉及用于眼科手术的患者接口。更精确地说,本专利文件涉及用于多步骤眼外科手术的具可变扁平角膜的患者接口。

背景技术

[0004] 许多眼外科手术可通过用飞秒脉冲的激光束来光剥离或切割靶向眼组织而实施。切口可通过以二维或三维扫描图案扫描激光束的焦点而产生。每次飞秒脉冲会在激光的焦点处产生等离子体或成洞气泡。这些微小的气泡层可将靶向组织分成两部分,从而产生肉眼可见的手术切口。这些气泡的体积会造成靶向组织的体积光剥离。

[0005] 能够在组织中产生等离子体的最小脉冲能量密度被称为等离子体阈值。所述等离子体阈值特定用于每个眼组织。具有低于所述等离子体阈值的能量密度的脉冲不会产生气泡。另一方面,具有大致超过所述等离子体阈值的能量密度的脉冲会对靶向组织造成附带损害和不必要的热效应。因此,现有的眼科手术系统通常被设计成输送(但仅是适度地)具有超过所述等离子体阈值的能量密度的激光脉冲。这类系统可在因激光脉冲的过多能量造成的有限或最小热效应和附带损害的情况下在靶向组织中产生期望切口。

[0006] 即使所述系统被设计成沿着整个扫描图案输送具有超过所述等离子体阈值的能量密度的激光束,但在现实情况中,激光束的能量密度会沿着扫描图案的一部分下降到低于所述等离子体阈值。在这些部分中,靶向组织将不会被光剥离或切割,降低了眼外科手术的功。因此,设计可使激光束的能量密度在眼外科手术的整个扫描图案中保持略微高于所述等离子体阈值的手术激光系统是一项高优先级的挑战。

[0007] 多个因素影响激光束的能量密度。能量密度与焦点处激光束的峰值密度成比例且与焦点面积成反比。焦点面积通常是(2微米到5微米)²级。这个焦点面积尤其取决于激光束的数值孔径、手术激光系统的光学器件的质量和激光束在其离开光学器件之后穿过眼睛组织时经受的散射。焦点面积无法减小到低于其由光波性质设置的衍射极限值。原则上,大多数有效光学器件中的一些能够在手术体积内的整个扫描图案中输送其具有接近于衍射极限值的焦点的激光束。

[0008] 不幸地是,实际上激光束通常因为激光束自身的扭曲、扫描聚焦光学器件的光束扭曲和组织自身的扭曲而达不到扫描图案至少部分的衍射极限。因此,设计甚至在现实应用中减少且最小化光束扭曲使得可在整个扫描图案中用超过等离子体阈值的能量密度输送激光束,但在眼科手术期间仅达少量的系统和方法仍是一项挑战。

发明内容

[0009] 飞秒激光眼科手术现用于各种眼科手术中,尤其包括LASIK手术的角膜瓣建立、基质内手术和白内障手术。这些手术涉及在角膜、晶状体囊和晶状体的不同位置建立切口、切割口和光剥离。特定来说,白内障手术的第一阶段可包括晶状体囊中的囊切开术和晶状体中的光剥离、晶状体消退、晶状体劈裂或白内障手术。晶状体位于眼睛的深中心区域:在3mm至10mm范围内的大 z_c 深度但横向处于2mm至5mm或3mm至4mm范围内的有限中心半径 r_c 内。本文中, z_c 深度可从眼睛顶点开始测量,此处角膜接触激光系统的光学器件,且横向半径 r_c 可从眼睛或激光系统的光学轴开始测量。

[0010] 白内障手术的第一阶段之后可以是集中在角膜的第二阶段,其可涉及在角膜中形成进入切口、接达切口、缘松解切口、拱形切口或铰接瓣。这些切口可形成在浅外围角膜区域:0mm至2mm的较小深度 z_p 但在介于 r_c 与 r_p 之间的较大外围半径,其中外围半径 r_p 可在4mm至9mm或5mm至8mm的范围内。

[0011] 许多眼科手术激光系统通过将患者接口(PI)对接到眼睛来固定其而提高激光束的靶向精确度。患者接口通常包括接触透镜,其与角膜直接接触以将激光束从所述系统引导到眼组织中。患者接口的接触透镜与角膜之间的接触表面的形成通常称为扁平角膜。患者接口还可包括抽吸环,其通过真空抽吸附接到眼睛。当PI下降到眼睛时,可施加真空抽吸到抽吸环使得大气压力压迫患者接口且因此将接触透镜压迫到眼睛。

[0012] 大多数白内障手术开始于将PI对接到角膜来固定眼睛。这个对接之后是执行靶向区域的校准测量来精确地引导手术激光束,其之后实施外科手术的第一和第二阶段。在整个手术过程期间,不释放对接来使眼睛保持在适当位置。这容许在整个手术过程中使用初始校准且避免了重新对接PI之需,重新对接PI会是十分耗时的额外步骤。

[0013] 不幸地是,当通过患者接口施加到眼睛的压力在扁平角膜期间增大时,其会使眼睛的眼组织和分离其的边界变形。且由于不同组织的屈光率不同,当激光束沿其到靶向区域的路径上穿过变形眼组织的变形边界时,其遭受系统设计计算中所不包括的扭曲。这些未计算的扭曲会增大焦点尺寸到一定程度,使得激光束的能量密度被迫低于等离子体阈值,从而防止靶向组织的适当切割且因此质量上削减了手术效率。

[0014] 在囊切开术的特定实例中,PI的高压力会使角膜皱缩。由于角膜组织的屈光率与其后水状体的屈光率不同,所以激光束会在其到晶状体的路径中在皱缩角膜水状体处遭受增强的扭曲,迫使其能力密度低于等离子体阈值。这束变弱光束会无法切割晶状体囊,之后残留部分连接的组织且因此使囊切开术不完整。不完整的囊切开术需要外科医生用机械工具进行额外切割,所述机械工具具有大致较低精确度且会引入不期望的组织撕裂。

[0015] 除了光束能量密度的减小,角膜皱缩还重新定向角膜水状体接口,潜在地使激光束没有瞄准其指定靶。

[0016] 最后,患者接口的压力还会引入其它类型的非期望结果,例如靶向晶状体的移位和倾斜,另一机构造成激光束未达到其指定靶。

[0017] 因此,减小角膜上患者接口的压力的激光系统和手术方法可减小以上三个问题的负面作用且因此提供改进的手术精确度和性能。

[0018] 与使角膜皱缩的PI压力相关联的问题可通过认识到皱缩仅在光束被导引成沿其到超过角膜的靶向区域的路径上穿越皱缩角膜边界的情况下具有负面作用来减少,这是因为皱缩角膜边界仅对这类光束路径扭曲光束,从而减小其能量密度。

[0019] 利用这种认识,应取消当实施囊切开术和晶状体光剥离时,仅在白内障手术的第一阶段期间超过角膜导引和扫描光束。显著地,在这个第一阶段,当以大 z 深度扫描光束时,仅在2mm至5mm或3mm至4mm范围内的中心半径 r_c 内在眼睛的中心区域中进行扫描。因此,白内障手术的第一阶段可通过仅与角膜部分接触(受限中心区域)的患者接口予以实施。应注意,这种部分接触可通过仅施加部分压力(小于迫使与角膜的中心和外围区域完全接触所需的全部压力)来形成。

[0020] 总之,角膜皱缩可减少且因此可使能量密度在通过患者接口的白内障手术的第一阶段中保持高于等离子体阈值,所述患者接口可仅施加部分压力而在第一阶段期间仅在眼睛与患者接口之间形成部分接触,之后是用增大或全部压力形成延伸或完全接触用于白内障手术的第二阶段。当在这个第二阶段中激光束仅在角膜内扫描穿过扫描图案时,因第二阶段中造成的皱缩的负面结果会极大地减小,因此光束在其照射到扫描图案内的靶之前不会穿越变形的角膜水状体边界。

[0021] 然而,以上认识无法用现今的刚性患者接口得以良好使用,因为在现有系统中,一旦PI牢固地对接在适当位置,所述对接再也不会且不应改变。这是因为所述对接应在白内障手术的第一阶段与第二阶段之间释放以将扁平角膜从部分增加到全部,会需要PI的重新对接,迫使测量和手术计划的重新校准以及增加外科手术时间;两者都是实质缺点。

[0022] 相反地,如果新型患者接口的扁平角膜在不释放对接的情况下可变,那么白内障手术的第一阶段可仅用部分扁平角膜来实施,在这期间PI仅接触2mm至5mm或3mm至4mm范围内的接触半径 r_c 内的角膜的中心部分。这一部分扁平角膜可通过仅施加部分压力导致有限或无角膜皱缩来实现,从而避免了光束能量密度下降到低于等离子体阈值、光束未瞄准和晶状体移位。

[0023] 在大致完成第一阶段的囊切开术和晶状体光剥离之后,这种可变扁平角膜患者接口的扁平角膜可从部分增大到全部或延伸用于白内障手术的第二阶段而无需释放对接。全部或延伸扁平角膜可通过增大压力到全部来解除半径从中心半径 r_c 增大到4mm至9mm或5mm至8mm范围内的外围半径 r_p 而实现。虽然增大到全部压力或许会使角膜水状体接口皱缩,但这个皱缩仅造成手术性能的有限劣化或无劣化,因为在白内障手术的第二阶段中,切口仅形成在角膜组织中且因此激光束在照射到其扫描图案内的靶之前不必传播通过皱缩的角膜水状体接口。

[0024] 在使用这种可变扁平角膜患者接口的替代方法中,上述第一和第二手术阶段可以相反顺序实施。外科医生可开始于首先实施外围角膜切口且其次在晶状体和囊中实施中心切口。利用这种方法,可变扁平角膜患者接口可用全部压力首先耦接至眼睛用于手术的角膜阶段,之后是降低压力到部分值且实施晶状体光剥离和囊切开术,其中角膜的皱缩减少或无皱缩。

[0025] 总之,上述考虑事项证明可在白内障手术期间改变其扁平角膜的新型患者接口可避免或大致减少现今刚性患者接口中的一些的三个列举缺点:能量密度的减小、激光束的未瞄准和晶状体的移位。

[0026] 广泛且一般来说,本专利文件描述这种新型可变扁平角膜患者接口。这些可变扁平角膜患者接口的实施方案可包括:透镜支撑系统,其可附接到眼科手术激光系统的远端;接触透镜,其由透镜支撑系统支撑且被构造成接触眼表;和可调整耦接器,其耦接至透镜支

撑系统和接触透镜中的至少一个,且被构造成耦接至眼表的非中心区域,使接触透镜适于接触具中心扁平角膜的眼表的中心区域,使接触透镜适于接触眼表中大于具延伸扁平角膜的中心区域的延伸区域,和实现中心扁平角膜与延伸扁平角膜之间的改变。

[0027] 在其它实施方案中,可变扁平角膜患者接口可包括:透镜支撑系统,其可附接到眼科手术激光系统的远端,所述透镜支撑系统被构造成支撑中心接触透镜,其被构造成使眼表的中心区域接触中心扁平角膜,使中心接触透镜更换成延伸接触透镜,且支撑延伸接触透镜,其被构造成接触眼表中大于具延伸扁平角膜的中心区域的延伸区域;和可调整耦接器,其耦接至透镜支撑系统、中心接触透镜和延伸接触透镜中的至少一个,且被构造成耦接至眼表的非中心区域。

[0028] 在其它实施方案中,一种眼科手术的方法可包括:将透镜支撑系统附接到眼科手术激光系统的远端;将可调整耦接器耦接至眼表的外围区域,所述可调整耦接器耦接至透镜支撑系统和接触透镜中的至少一个;将接触透镜耦接至眼表的中心区域,所述接触透镜具有中心扁平角膜且由透镜支撑系统支撑;通过可调整耦接器实现中心扁平角膜与延伸扁平角膜之间的改变;和将接触透镜耦接至眼表中大于具延伸扁平角膜的中心区域的延伸区域。

[0029] 在又其它实施方案中,一种眼科手术的方法可包括:将透镜支撑系统附接到眼科手术激光系统的远端;将可调整耦接器耦接至眼表的外围区域,所述可调整耦接器耦接至透镜支撑系统和接触透镜中的至少一个;将接触透镜耦接至具扁平角膜的眼表;和改变接触透镜的扁平角膜同时使可调整耦接器保持耦接至眼睛。

附图说明

[0030] 图1图示眼科手术激光系统。

[0031] 图2A到图2B图示可变扁平角膜患者接口。

[0032] 图3A到图3B图示具致动器的可变扁平角膜患者接口的实施方案。

[0033] 图4A到图4B图示具柔性连接器的可变扁平角膜患者接口的实施方案。

[0034] 图5A到图5B图示可变扁平角膜患者接口的实施方案。

[0035] 图6A到图6B图示可变扁平角膜患者接口的实施方案。

[0036] 图7A到图7B图示可变扁平角膜患者接口的实施方案。

[0037] 图8A到图8D图示可变扁平角膜患者接口的实施方案。

[0038] 图9图示眼科手术的方法。

[0039] 图10图示眼科手术的方法。

具体实施方式

[0040] 本专利文件描述可在眼科手术期间减少角膜组织皱缩的可变扁平角膜患者接口(VA-PI)的实施方案。

[0041] 图1图示眼科手术激光系统100。眼科手术激光系统100可包括手术激光110,其可产生手术激光束112且用光束分裂器BS1将其耦接至光学器件120中。手术激光110可能产生具有在飞秒或皮秒范围内的脉冲长度的脉冲激光束。光学器件120可通过物镜122和可变扁平角膜患者接口VA-PI 200将脉冲激光束112重新导引且输送到患者10的眼睛1中。

[0042] 激光系统100还可包括成像系统130。成像系统130可提供一个或多个图像使眼科医生提高眼科手术的精确度。所述图像可包括立体显微图像、视频图像、沙伊姆弗勒(Scheimpflug)图像或光学相干断层(OCT)图像。所述图像可由图像处理器132进行分析。

[0043] 产生的图像可显示在指导系统140上来给外科医生提供导引信息。指导系统140的一个功能可以是指导外科医生对准眼睛1的中心与光学器件120的中心或轴来最优化对接。在一些实施方案中,指导系统140可包括视频监控器来显示视频显微镜的视频图像。在其它实施方案中,指导系统可包括OCT显示器来显示由成像系统130建立的OCT图像。在又其它实施方案中,指导系统140可显示视频图像和OCT图像两者。

[0044] 此外,指导系统140可包括指导显示器来基于由图像处理器132处理图像的结果而指导外科医生。举例来说,指导系统140的指导显示器可包括覆盖在眼睛1的视频图像上的靶向图案或交叉图案来指示光学器件120的光学中心或轴的位置,因此使外科医生确定眼睛1相对于光学器件120轴的位置。在其它系统中,指导系统140会显示一个或多个箭头建议外科医生做出校正动作来对准光学器件120和眼睛1。

[0045] 对准的校正可由外科医生或手术激光系统100的处理器响应于指导系统140显示的指导信息开始。举例来说,激光系统100的一些实施方案可包括托台152和托台控制器154来作为对接程序的部分而横向移动物镜122且使其与眼睛1的中心对准。托台152的移动可补偿眼睛1与光学器件120的横向或横切失准。

[0046] 眼睛1与光学器件120的光学轴的旋转或有角失准可通过定影光源156予以补偿,定影光源156将定影光158透射到控制眼睛1c中。患者10可被指示跟随定影光158的移动。当外科医生调整定影光158时,他或她会跟随眼睛1相对于指导系统140的指导显示器上的靶向图案和光学器件120的光学轴的视频图像的移动且继续调整定影光158直到眼睛1与光学器件120的光学轴对准到期望程度。

[0047] 图2A到图2B图示可变扁平角膜患者接口(VA-PI)200的实施方案,其可包括:透镜支撑系统210,其可附接到眼科手术激光系统100(例如物镜122)的远端;接触透镜220,其由透镜支撑系统210支撑且被构造成接触眼表(例如角膜)。VA-PI 200还可包括可调整耦接器230,其可耦接至透镜支撑系统210和接触透镜220中的至少一个。可调整耦接器230可被构造成耦接至眼表的非中心或外围区域,使接触透镜220适于接触具中心扁平角膜的眼表的中心区域,使接触透镜220适于接触眼表中大于具延伸扁平角膜的中心区域的延伸区域,和实现中心扁平角膜与延伸扁平角膜之间的改变。延伸区域可包括眼表的中心区域和外围区域。眼表可延伸超过眼角膜。

[0048] 使用本文描述的VA-PI 200设计可在仅将激光束112施加到眼睛1的晶状体5以实施白内障手术、囊切术、晶状体消散、光剥离或晶状体劈裂时最小化白内障手术的第一阶段中的角膜皱缩。因此,在白内障手术的第一阶段期间使用VA-PI 200的实施方案可避免能量密度在沿着扫描图案的任何地方降低到低于等离子体阈值,避免无法由皱缩角膜水状体接口使激光束瞄准且避免晶状体5移位并旋转。由于全部这些原因,使用VA-PI 200的实施方案可提高白内障手术的精确度和效率。

[0049] 具有这种可调整耦接器230的VA-PI 200可在眼科手术期间或作为其部分实现接触透镜220的中心扁平角膜与延伸扁平角膜之间的改变,而无需释放可调整耦接器230到眼表的非中心或外围区域的耦接。维持耦接会是有利的,因为在释放之后重新建立耦接或重

新对接会是耗时且不精确的程序,而在眼科手术期间时间非常宝贵。

[0050] 在VA-PI 200的一些实施方案中,被构造成实现中心扁平角膜与延伸扁平角膜之间的改变的可调整耦接器230可包括可调整耦接器230被构造成实现从中心扁平角膜到延伸扁平角膜的改变,或从延伸扁平角膜到中心扁平角膜的改变。

[0051] 在VA-PI 200的一些实施方案中,可调整耦接器230可与透镜支撑系统210整合。在一些情况中,可调整耦接器230可以是透镜支撑系统210的部分。

[0052] 在一些实施方案中,可调整耦接器230可包括:抽吸环231,其与眼表形成气密接触;和真空软管232,其连接抽吸泵(未示出)与由接触透镜220、抽吸环231和眼表形成的对接腔室233。抽吸环231可包括环、裙缘、锥体或能够提供到眼表的气密耦接的任何其它结构。

[0053] 如之前讨论,这种VA-PI 200可使当接触透镜220接触眼表的中心区域时,可使眼科手术激光系统100实施白内障激光手术、囊切开术、晶状体消退、光剥离或眼睛晶状体的晶状体劈裂。另外,这种VA-PI 200可使当接触透镜220接触眼表的延伸区域时,可使眼科手术激光系统100形成缘松解切口、拱形切口、前房接达切口、前房进入切口、瓣切口或角膜屈光手术。如之前,中心区域的中心半径 r_c 可在2mm至5mm的范围内,在一些实施方案中是在3mm至4mm的范围内,然而外围区域的外围半径 r_p 可在4mm至9mm的范围内,在一些实施方案中是在5mm至8mm的范围内。

[0054] 图2A图示白内障手术的第一阶段,当激光束112仅施加到晶状体5时,可使VA-PI 200仅接触具中心半径 r_c 的角膜的中心部分,且因此角膜组织仅会少许皱缩或完全不皱缩。

[0055] 图2B图示相反情况,当在白内障手术的第二阶段期间施加较高压力来使接触半径从中心 r_c 半径增大到外围 r_p 半径时,角膜组织会实质皱缩,如图所示。虽然这个皱缩会导致囊切开术或白内障手术的上述三个问题中的一个或多个,但其对第二阶段中实施的角膜手术几乎没有意义,这是因为在第二阶段中,激光束仅被引导到角膜靶且因此激光束在照射到其靶之前不穿越皱缩边界。

[0056] 如之前,在一些实施方案中,实施第一手术阶段和第二手术阶段的顺序可互换。因此,VA-PI 200可首先在较高压力下使用,造成接触透镜220接触眼表的延伸区域,之后是减小压力,造成接触透镜220仅接触眼表的中心区域。

[0057] 在VA-PI 200的一些实施方案中,扁平角膜可由外科医生手动调整。举例来说,VA-PI 200可包括定位机构,无论外科医生在什么情况下调整,其可使透镜支撑系统210稳定在位置范围内。所述定位机构可基于机械摩擦、调整螺丝钉、杠杆臂或各种锁定机构。

[0058] 图3A到图3B图示在眼科手术激光系统100的其它实施方案中,眼科手术激光系统100可包括致动器240来调整扁平角膜。致动器240可耦接至透镜支撑系统210、可调整耦接器230、接触透镜220或这些的任何组合。致动器240可包括机械系统、基于摩擦的系统、弹簧加载的系统、基于粘合剂的系统、气动系统、化学系统、热系统、磁系统、电系统或电磁系统。致动器240可由发动机、压电系统、电子控制系统、弹簧加载系统或电磁系统来供能。致动器240可致动可调整耦接器230来实现接触透镜220的扁平角膜的改变。

[0059] 图3A图示在一些实施方案中,致动器240可包括在VA-PI 200外部的供能器控制器241,例如可相对于已经对接抽吸环231移动透镜支撑系统210的电动机、压电致动器、机械致动器或电磁系统,因此造成接触透镜220的扁平角膜的改变。

[0060] 图3B图示在其它实施方案中,致动器240的供能器控制器241可保持在VA-PI 200的外部,而致动器240的另一部分242可整合到VA-PI 200中。在这些实施方案中,外部部分241可能施加力到整合部分242上来改变接触透镜220的扁平角膜。

[0061] 在一些实施方案中,可调整耦接器230被构造成使接触透镜220适于中心扁平角膜可包括可调整耦接器230被构造成将接触透镜220定位在第一透镜位置;可调整耦接器230被构造成使接触透镜220适于延伸扁平角膜可包括可调整耦接器230被构造成将接触透镜220定位在第二透镜位置;和可调整耦接器230被构造成实现中心扁平角膜与延伸扁平角膜之间的改变可包括可调整耦接器230被构造成实现接触透镜220在第一透镜位置与第二透镜位置之间的重新定位。

[0062] 在包括致动器240的实施方案中,致动器240可致动可调整耦接器230使得通过重新定位接触透镜220实现中心扁平角膜与延伸扁平角膜之间的改变。

[0063] 本文中,处于第一透镜位置(例如定位在第一z深度)的接触透镜220可造成接触透镜220接触在2mm至5mm或3mm至4mm范围内的中心半径 r_c 内的眼表或角膜,使眼科手术激光系统100执行上文列举的白内障手术中的一项,然而处于第二透镜位置(例如定位在第二z深度)的接触透镜220可造成接触透镜220接触在4mm至9mm或5mm至8mm范围内的外围半径 r_p 内的眼表或角膜,使眼科手术激光系统100执行上文列举的角膜手术中的一项。

[0064] 图4A到图4B图示VA-PI 200的一些实施方案可以是一件式且包括柔性连接器234,其能够将可调整耦接器230连接至透镜支撑系统210,其被构造成采取第一连接器构造来将接触透镜220定位在第一透镜位置,采取第二连接器构造来将接触透镜220定位在第二透镜位置;且能够在第一连接器构造与第二连接器构造之间改变构造。

[0065] 柔性连接器234可包含多种材料,包括柔性材料、塑性材料、可变形材料、弹性材料、弹簧作用材料和磁力耦接器。

[0066] 柔性连接器234的第一连接器构造可以是延伸构造且第二连接器位置可以是压缩构造。柔性连接器234可尤其由锁定机构、定位机构、基于摩擦的机构和电磁机构以第一和第二连接器构造固定。

[0067] 图5A到图5B图示VA-PI 200的一些实施方案可以是两件式,透镜支撑系统210和可调整耦接器230可分离或是分离元件。在这些实施方案中,VA-PI 200可包括定位机构235,其可被构造成使透镜支撑系统210和可调整耦接器230适于采取第一相对位置来将接触透镜220定位在第一透镜位置,使透镜支撑系统210和可调整耦接器230适于采取第二相对位置来将接触透镜220定位在第二透镜位置,且使透镜支撑系统210和可调整耦接器230在第一相对位置与第二相对位置之间改变。

[0068] 在一些实施方案中,透镜支撑系统210和可调整耦接器230在第一相对位置与第二相对位置之间的改变可通过移动其上安装有透镜支撑系统210的物镜122来实现。

[0069] 在VA-PI 200的实施方案中,可调整耦接器230可包括中空圆筒,其可与透镜支撑系统210的中空圆筒可滑动地配合,且定位机构235被构造成将透镜支撑系统210的圆筒锁定到可调整耦接器230的圆筒来将透镜支撑系统210固定在第一和第二支撑位置。

[0070] 图6A到图6B图示在VA-PI 200的一些实施方案中,可调整耦接器230可包括:内抽吸环231i,其界定耦接至内真空软管232i的内对接腔室233i;和外抽吸环231o,其界定耦接至外真空软管232o的外对接腔室233o。本文中,内真空软管232i和外真空软管232o可将对

应的内对接腔室233i和对应的外对接腔室233o耦接至一个或多个真空泵(未示出)。如之前,内抽吸环231i和外抽吸环231o可包括环、裙缘、锥体或可提供到眼表的气密耦接的任何结构。

[0071] 这个VA-PI 200可使当通过外真空软管232o对外对接腔室233o施加中等第一次抽吸时,接触透镜220仅接触眼表的中心区域,且当通过内真空软管232i对内对接腔室233i施加增大的第二次抽吸时,接触透镜220接触眼表的延伸区域。

[0072] 由中等第一次抽吸引起的第一或部分压力的值可经过选择使得接触透镜220仅接触眼表的中心区域且因此造成角膜的有限皱缩或无皱缩,因此最小化白内障手术第一阶段的白内障手术过程的光束扭曲。由增大的第二次抽吸引起的后续第二或全部压力可更高来造成接触透镜220接触眼表延伸区域中的眼表,其中延伸区域可包括中心区域和外围区域,如之前。虽然增大的第二或全部压力会使角膜皱缩,但白内障手术第二阶段的角膜手术过程不会受到其负面影响,因为激光束仅在角膜组织中扫描且因此在其到靶的路径中不会穿越皱缩角膜边界。

[0073] 图7A到图7B图示在VA-PI 200的一些实施方案中,可调整耦接器230被构造成使接触透镜220适于中心扁平角膜可包括可调整耦接器230被构造成使接触透镜220的形状适于采用第一透镜形状;可调整耦接器230被构造成使接触透镜220适于延伸扁平角膜可包括可调整耦接器230被构造成使接触透镜220的形状适于采用第二透镜形状;且可调整耦接器230被构造成实现中心扁平角膜与延伸扁平角膜之间的改变可包括可调整耦接器230被构造成使接触透镜220的形状从第一透镜形状改变到第二透镜形状。

[0074] 如图所示,第一透镜形状可以是低曲率形状220l,造成接触透镜220仅在中心区域中接触眼睛1,而第二形状可以是高曲率形状220h,其时接触透镜220接触延伸区域中的眼睛。

[0075] 在不同实施方案中可用不同方法实施形状改变。举例来说,在接触透镜220由柔性或可变形材料形成的系统中,接触透镜220的形状可通过增大透镜支撑系统210施加的压力来改变。所述压力可由增大通过真空软管232施加到可调整耦接器230的抽吸来增大。在其它实施方案中,所述压力可由外科医生在可调整耦接器230已经通过抽吸环231耦接至眼睛之后将透镜支撑系统210手动下降朝向眼睛1而增大。

[0076] 在又其它实施方案中,眼科手术激光系统100可包括致动器240,其耦接至透镜支撑系统210、可调整耦接器230、接触透镜220或这些的组合。致动器240可包括机械系统、基于摩擦的系统、弹簧加载的系统、基于粘合剂的系统、气动系统、化学系统、热系统、磁系统、电系统或电磁系统。致动器240可由发动机、压电系统、电子控制系统、弹簧加载系统或电磁系统来供能。致动器240可致动可调整耦接器230来通过改变接触透镜220的形状而实现中心扁平角膜与延伸扁平角膜之间的改变。

[0077] 在一些实施方案中,接触透镜220可包括流变流体,且致动器240可通过施加磁场来改变接触透镜220的柔性。

[0078] 在一些实施方案中,致动器240能够将透镜支撑系统210下降朝向眼睛,造成接触透镜220的形状改变。

[0079] 图8A到图8B图示VA-PI 200的实施方案,其可包括透镜支撑系统210,透镜支撑系统210可附接到眼科手术激光系统100的远端。VA-PI 200的这个实施方案可通过更换接触

透镜220自身而改变扁平角膜。透镜支撑系统210可支撑中心接触透镜220c,其可接触具中心扁平角膜的眼表的中心区域。透镜支撑系统210还可使中心接触透镜220c更换成延伸接触透镜220e且支撑延伸接触透镜220e使其接触眼表中大于具延伸扁平角膜的中心区域的延伸区域。

[0080] 此外,VA-PI 200可包括可调整耦接器230,其可耦接至透镜支撑系统210、中心接触透镜220c和延伸接触透镜220e中的至少一个,其中可调整耦接器230可耦接至眼表的非中心区域。

[0081] 图8C到图8D图示在VA-PI 200的一些片段透镜实施方案中,延伸接触透镜220e可包括环形接触透镜220a,其可附接到透镜支撑系统210而无需移除中心接触透镜220c。当白内障手术从第一中心阶段进行到第二外围或角膜阶段时,环形接触透镜220a可下降到眼表上。或等效地,当白内障手术从第一角膜阶段进行到第二中心阶段时,环形接触透镜220a可从眼表上升。

[0082] 图9图示眼科手术的方法300,其可包括将透镜支撑系统附接310到眼科手术激光系统的远端;将可调整耦接器耦接320到眼表的外围区域,可调整耦接器耦接至透镜支撑系统和接触透镜中的至少一个;将接触透镜耦接330到眼表的中心区域,接触透镜具有中心扁平角膜且由透镜支撑系统支撑;由可调整耦接器实现340中心扁平角膜与延伸扁平角膜之间的改变;以及将接触透镜耦接350到眼表的延伸区域,其大于具延伸扁平角膜的中心区域。

[0083] 方法300可减少涉及晶状体光剥离和囊切开术的白内障手术的中心阶段中角膜组织的变形和皱缩,因此避免能量密度下降到低于等离子体阈值,激光束未瞄准和晶状体移位或旋转。由于全部这些原因,使用方法300会提高白内障手术的精确度和效率。

[0084] 本文中,眼科手术激光系统可以是上述眼科手术激光系统100,透镜支撑系统可以是上述透镜支撑系统210,接触透镜可以是上述接触透镜220且可调整耦接器可以是上述可调整耦接器230。

[0085] 实现340可包括实现中心扁平角膜与延伸扁平角膜之间的改变而无需释放可调整耦接器到眼表外围区域的耦接。实现340还可包括作为由眼科手术激光系统实施的眼科手术的部分来实现扁平角膜的改变。

[0086] 在方法300的一些实施方案中,接触透镜到眼表中心区域的耦接330可包括使眼科手术激光系统实施白内障激光手术、囊切开术、晶状体消退、光剥离或眼睛晶状体的晶状体劈裂;且将接触透镜耦接350到眼表的延伸区域可包括使眼科手术激光系统形成缘松解切口、拱形切口、前房接达切口、前房进入切口、瓣切口或角膜屈光手术。

[0087] 在方法300的一些实施方案中,实现340可包括由可调整耦接器230改变接触透镜220的位置和形状的至少一个。

[0088] 在方法300的一些实施方案中,步骤次序可相反:实现340可包括实现从中心扁平角膜到延伸扁平角膜的改变,或实现从延伸扁平角膜到中心扁平角膜的改变。

[0089] 图10图示眼科手术的方法400,其可包括将透镜支撑系统附接410到眼科手术激光系统的远端;将可调整耦接器耦接420到眼表的外围区域,可调整耦接器耦接至透镜支撑系统和接触透镜中的至少一个;将接触透镜耦接430到具扁平角膜的眼睛;以及改变440接触透镜的扁平角膜同时使可调整耦接器保持耦接至眼睛。如之前讨论,允许释放这个耦接的

系统需要重新建立耦接,这会是耗时且不精确,可能会危及眼科白内障手术的效率。

[0090] 在一些实施方案中,可调整耦接器的耦接420可包括通过施加抽吸到可调整耦接器的抽吸环将可调整耦接器耦接至眼睛的外围区域;且改变440可包括改变抽吸。

[0091] 虽然本文件包含许多细节,但这些不应解释为限制发明范围或权利要求的范围,而是作为本发明特定实施方案专属的特征描述。本文件中以单独实施方案为背景描述的某些特征还可组合实施于单一实施方案中。相反地,以单一实施方案为背景描述的各个特征还可单独或以任何合适的子组合实施于多个实施方案中。此外,虽然上文描述的特征以某些组合起作用,且甚至最初要求如此,但在一些情况中,要求的组合的一个或多个特征可与组合脱离,且要求的组合可涉及子组合或子组合的变更。

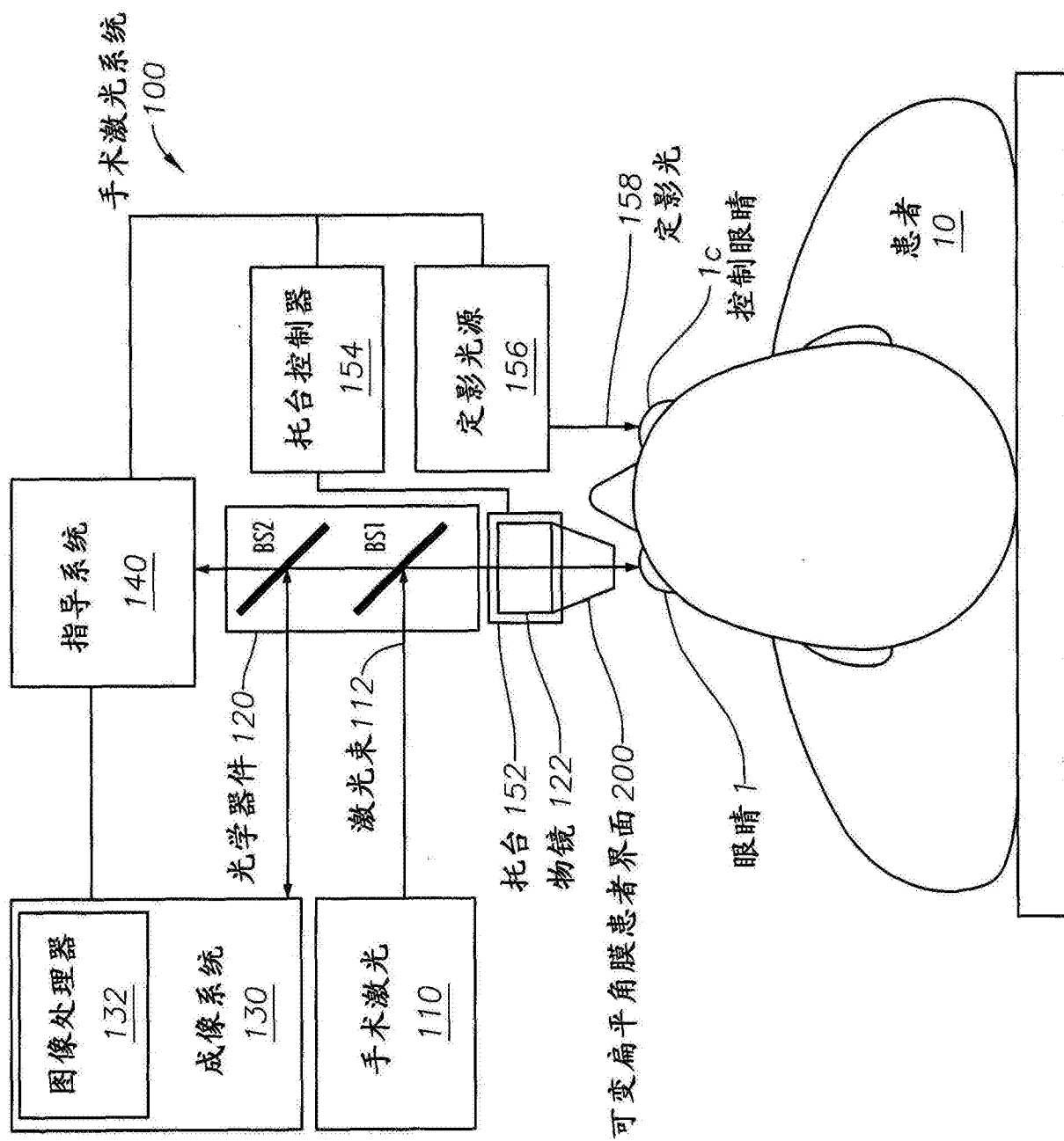


图1

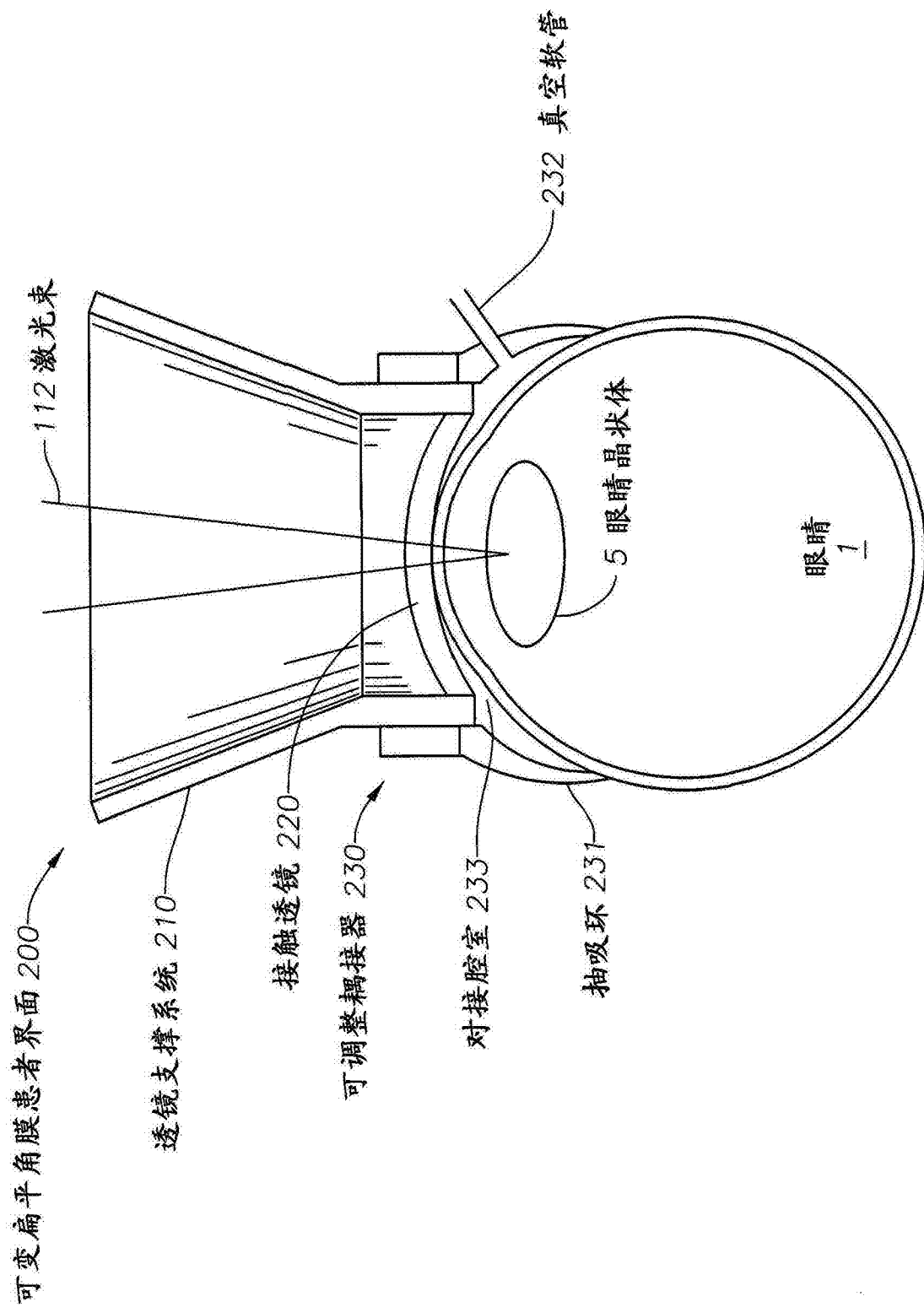


图2A

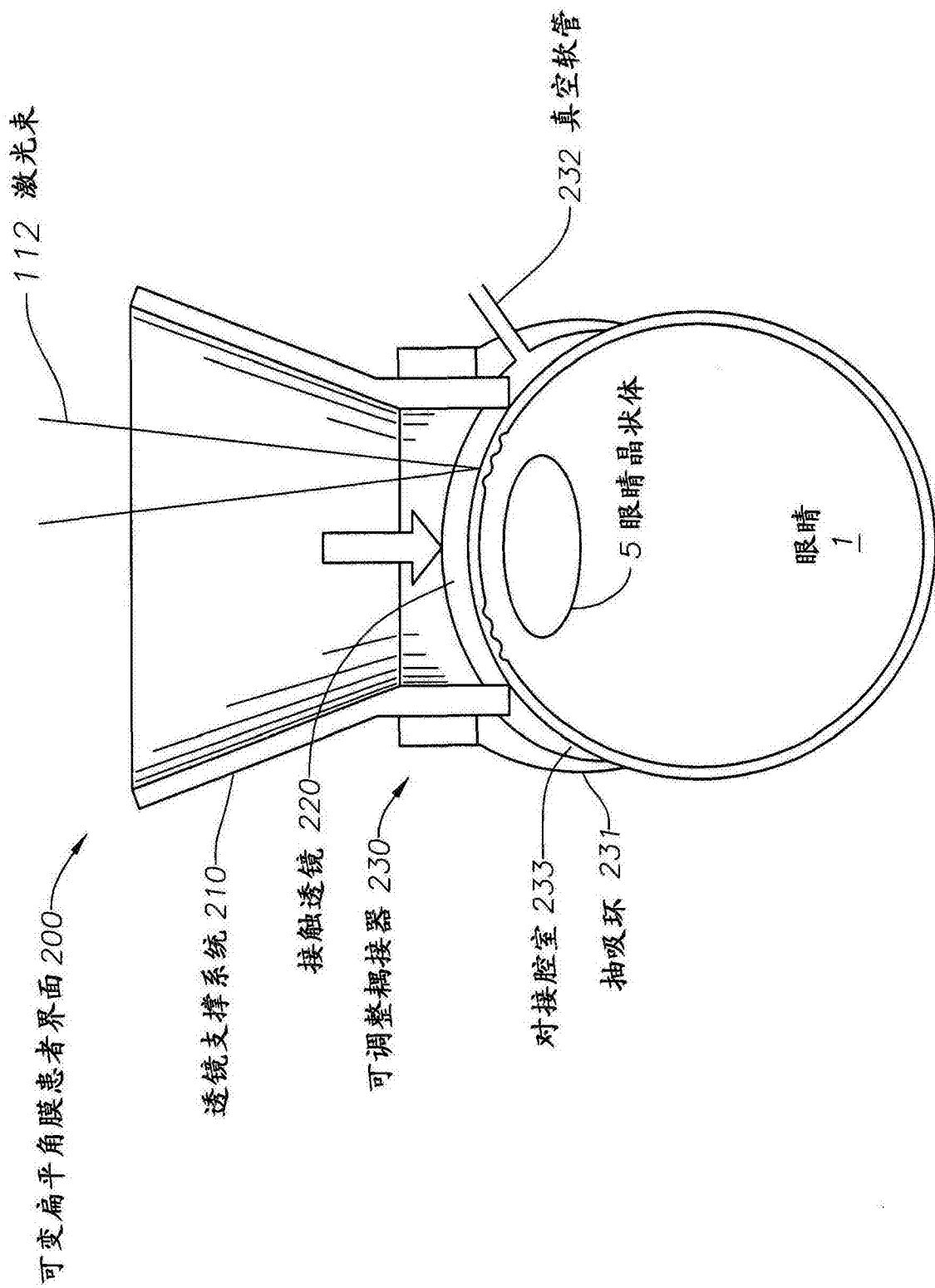


图2B

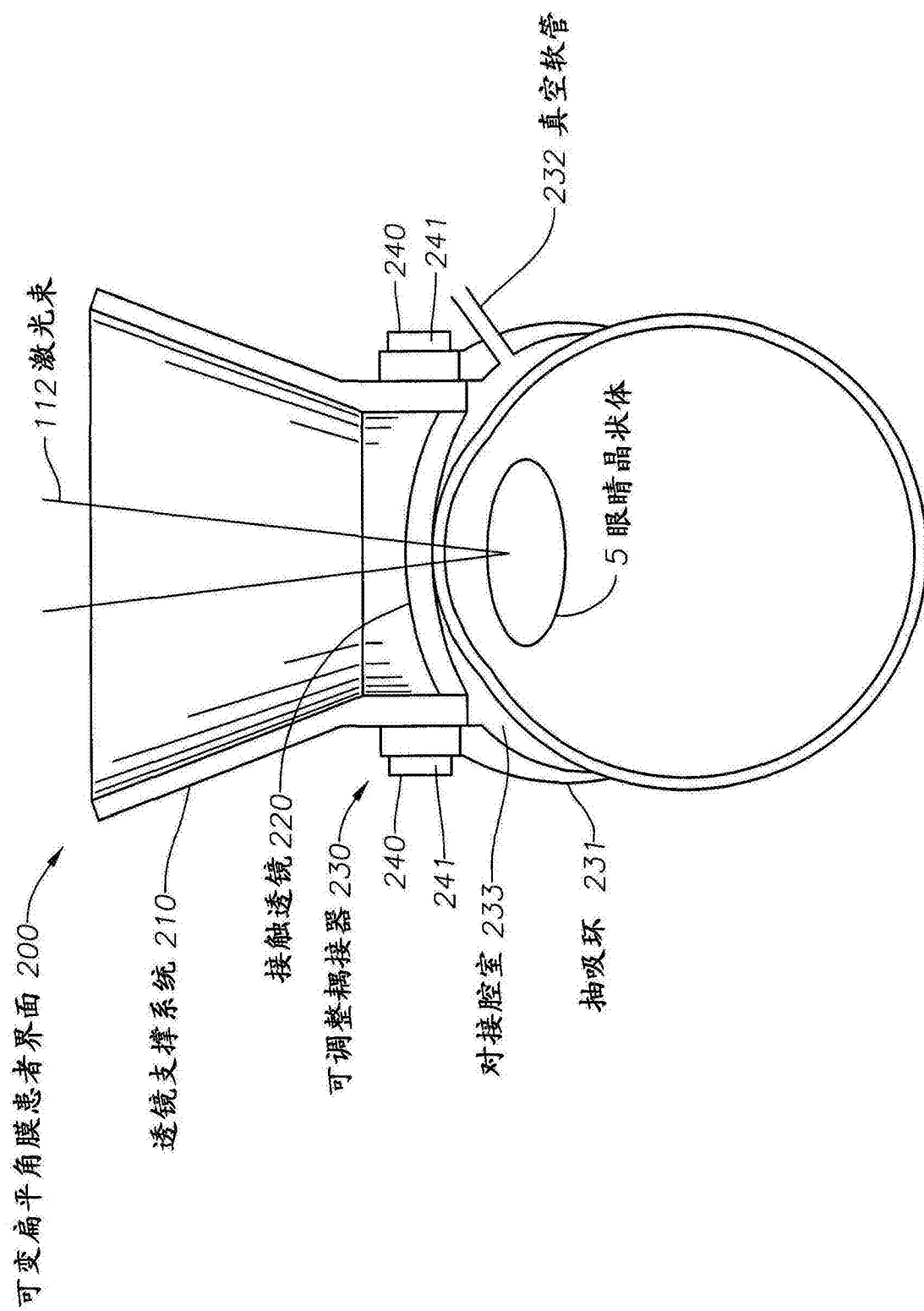


图3A

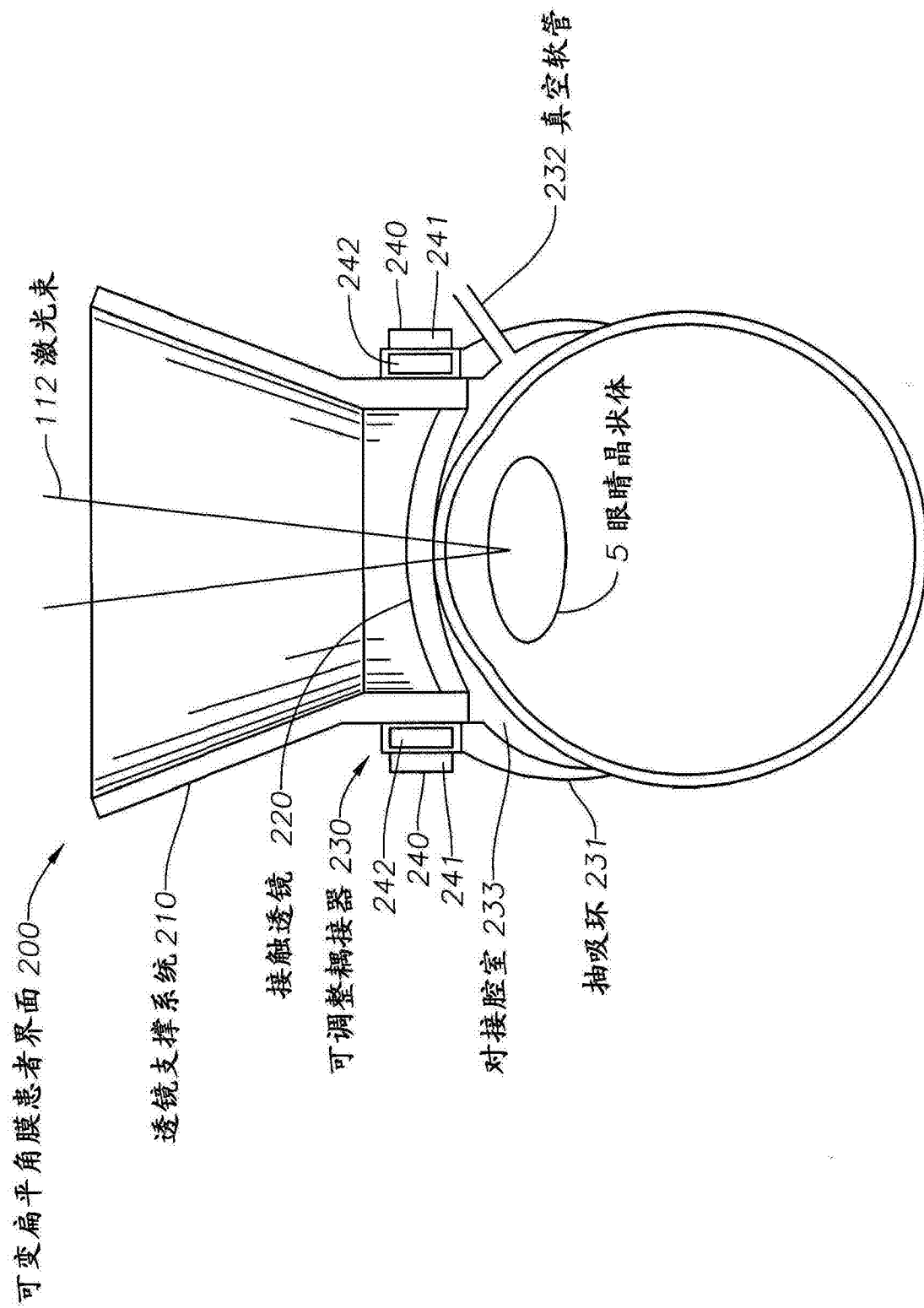


图3B

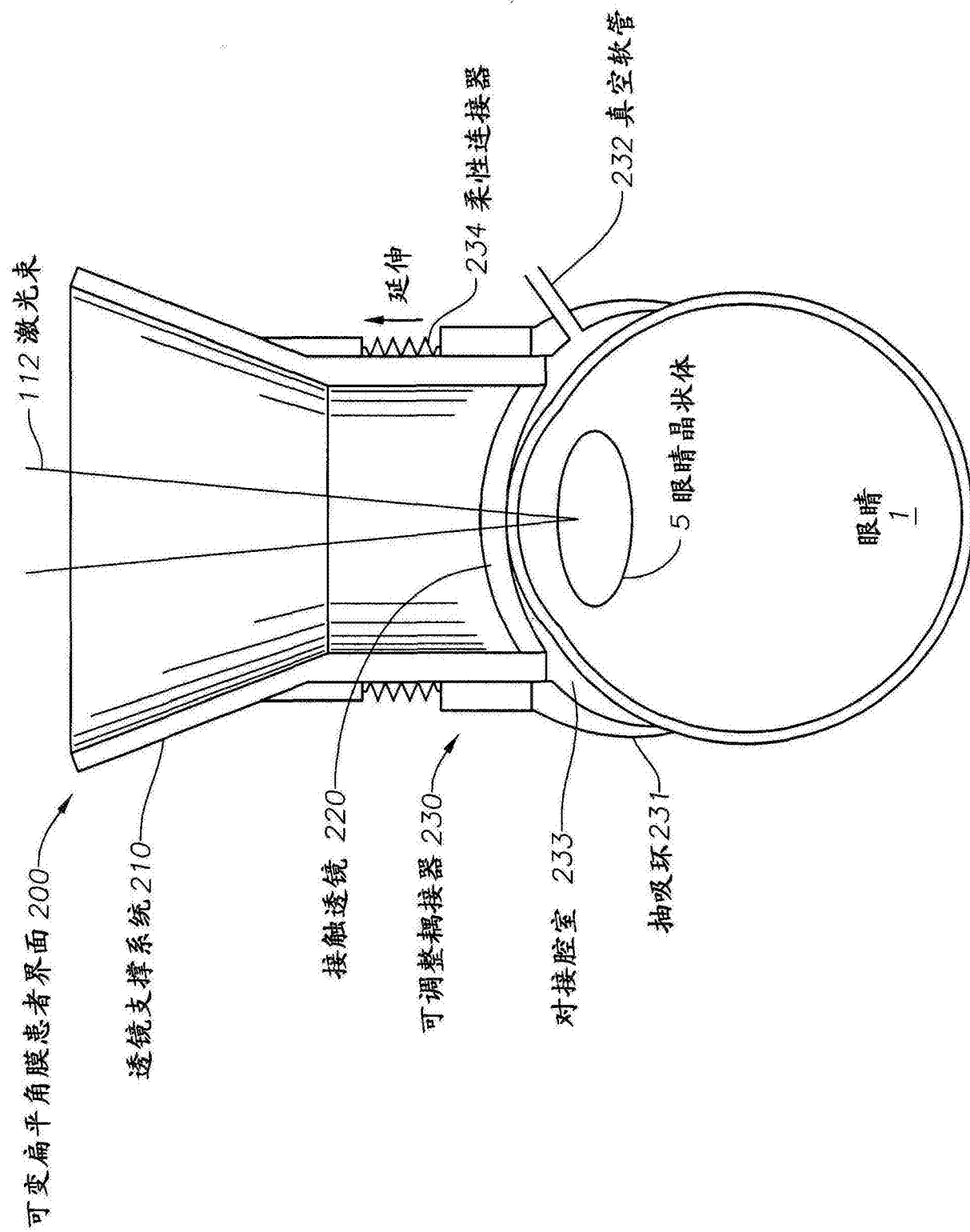


图4A

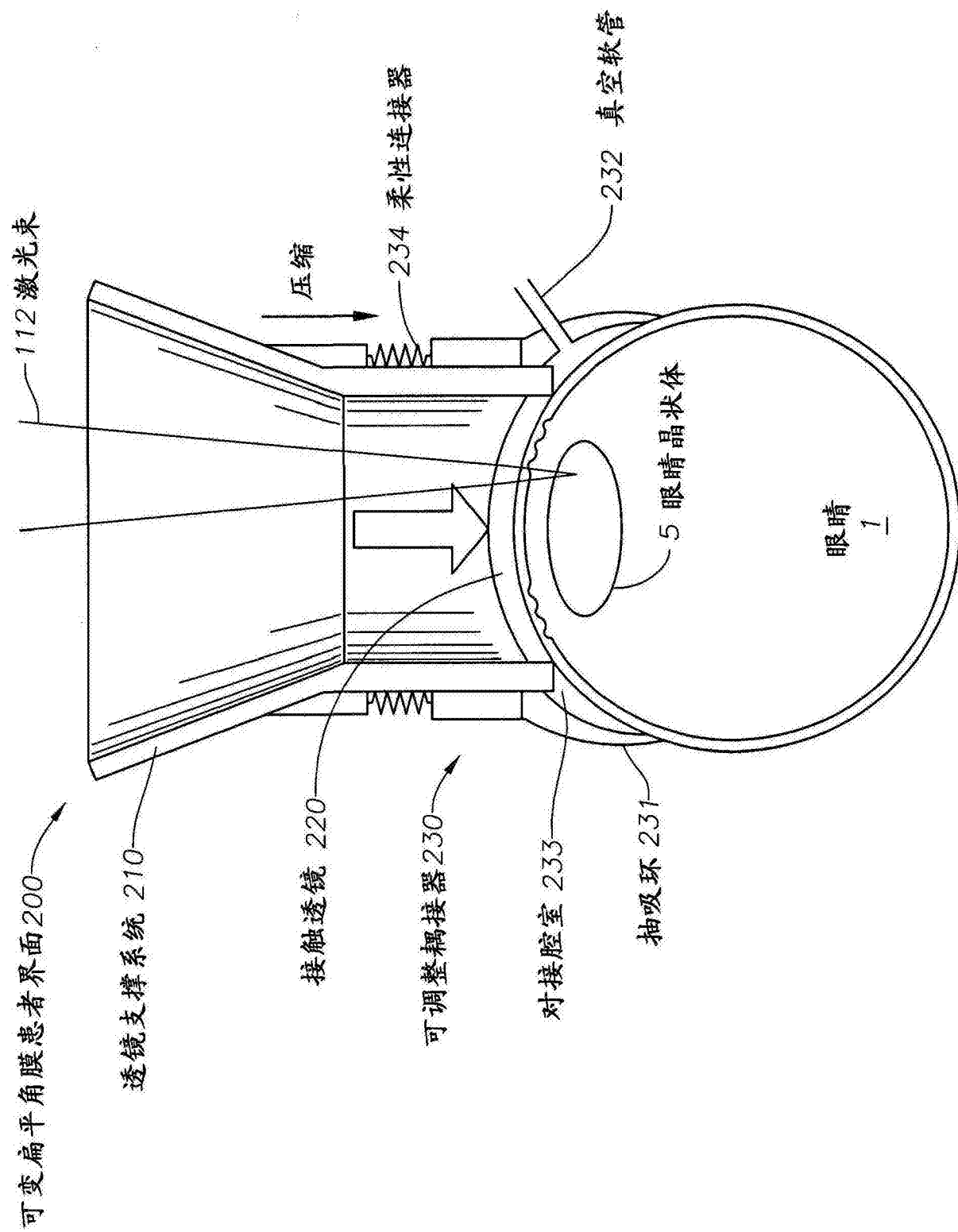


图4B

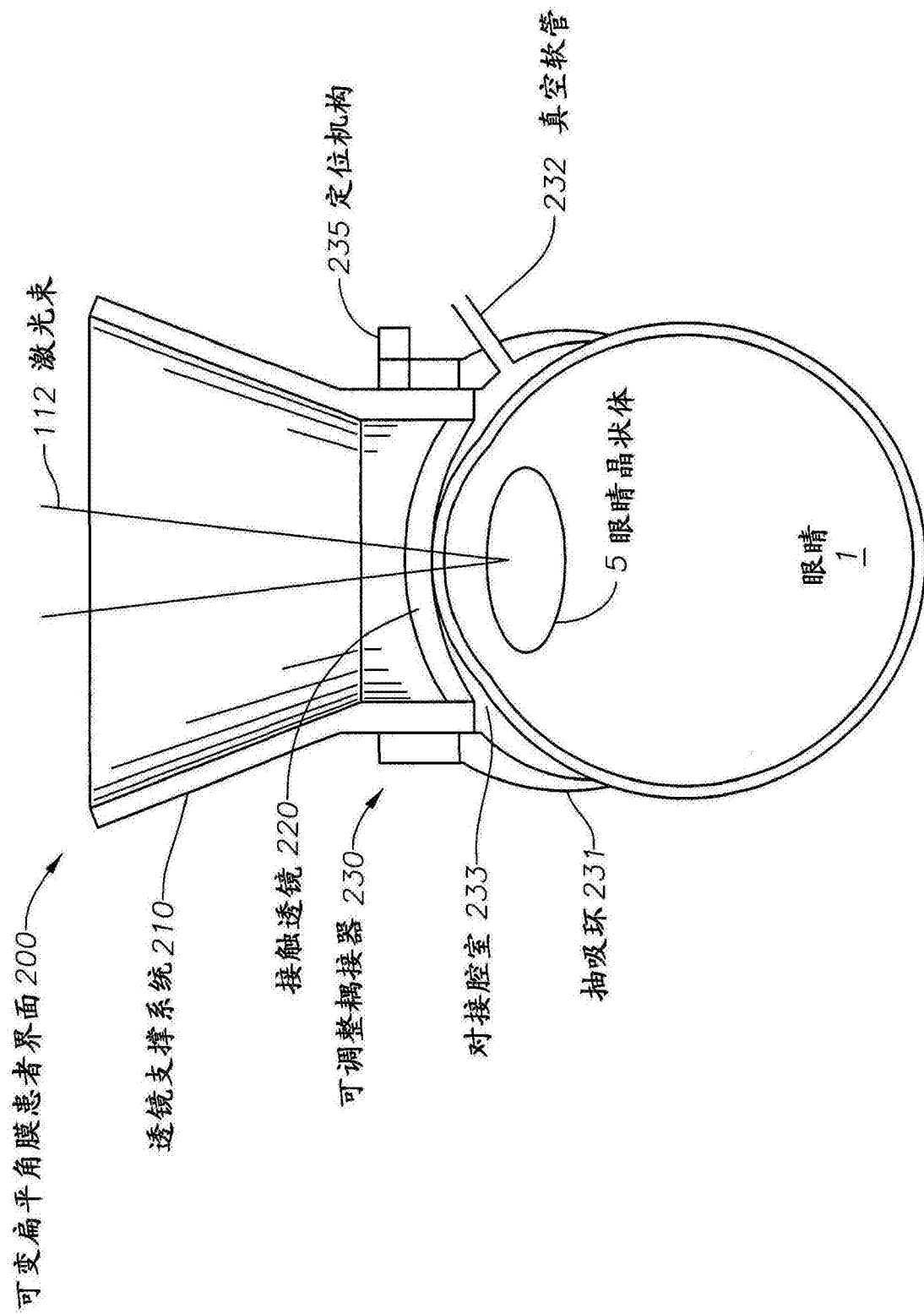


图5A

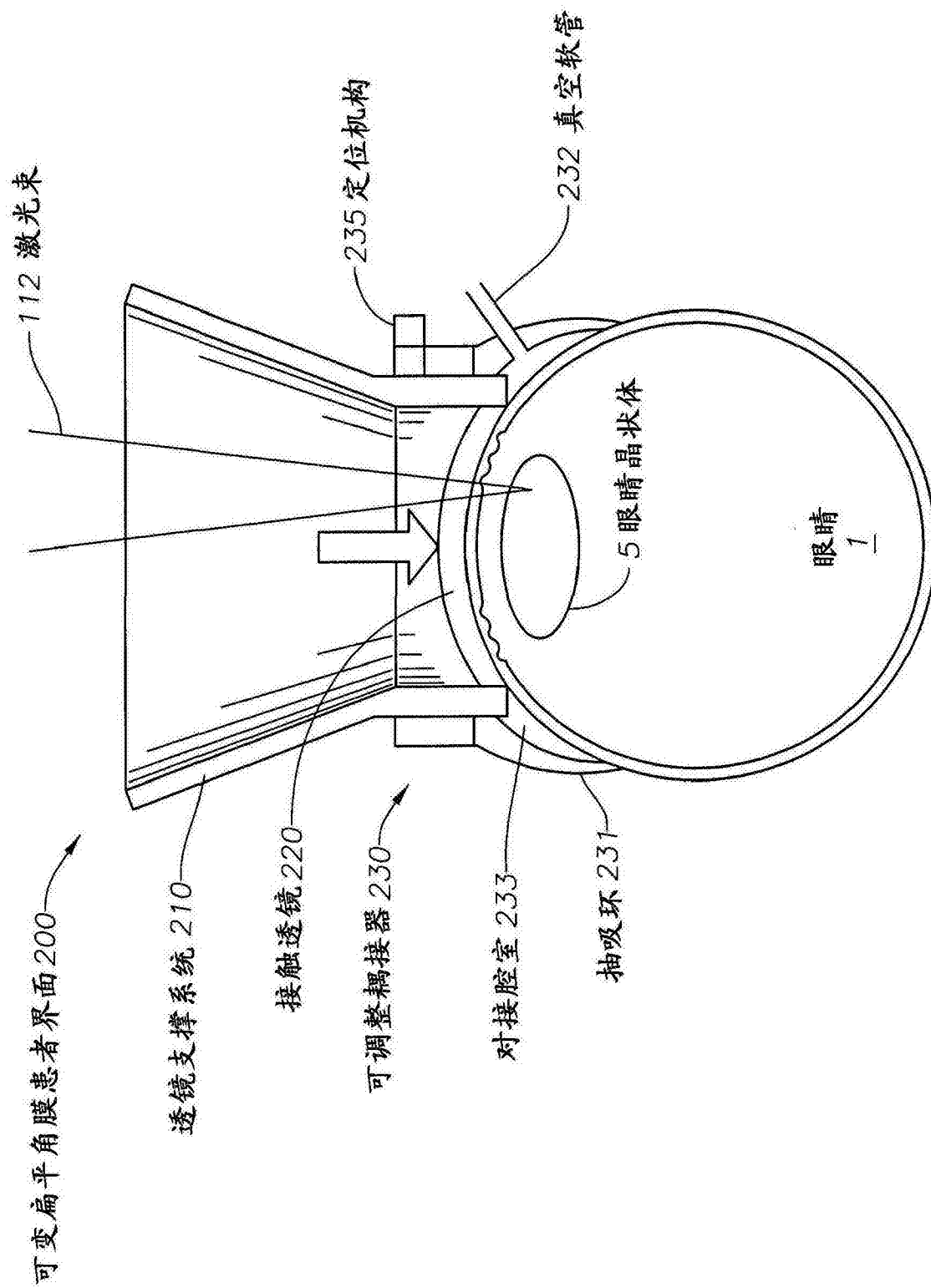


图5B

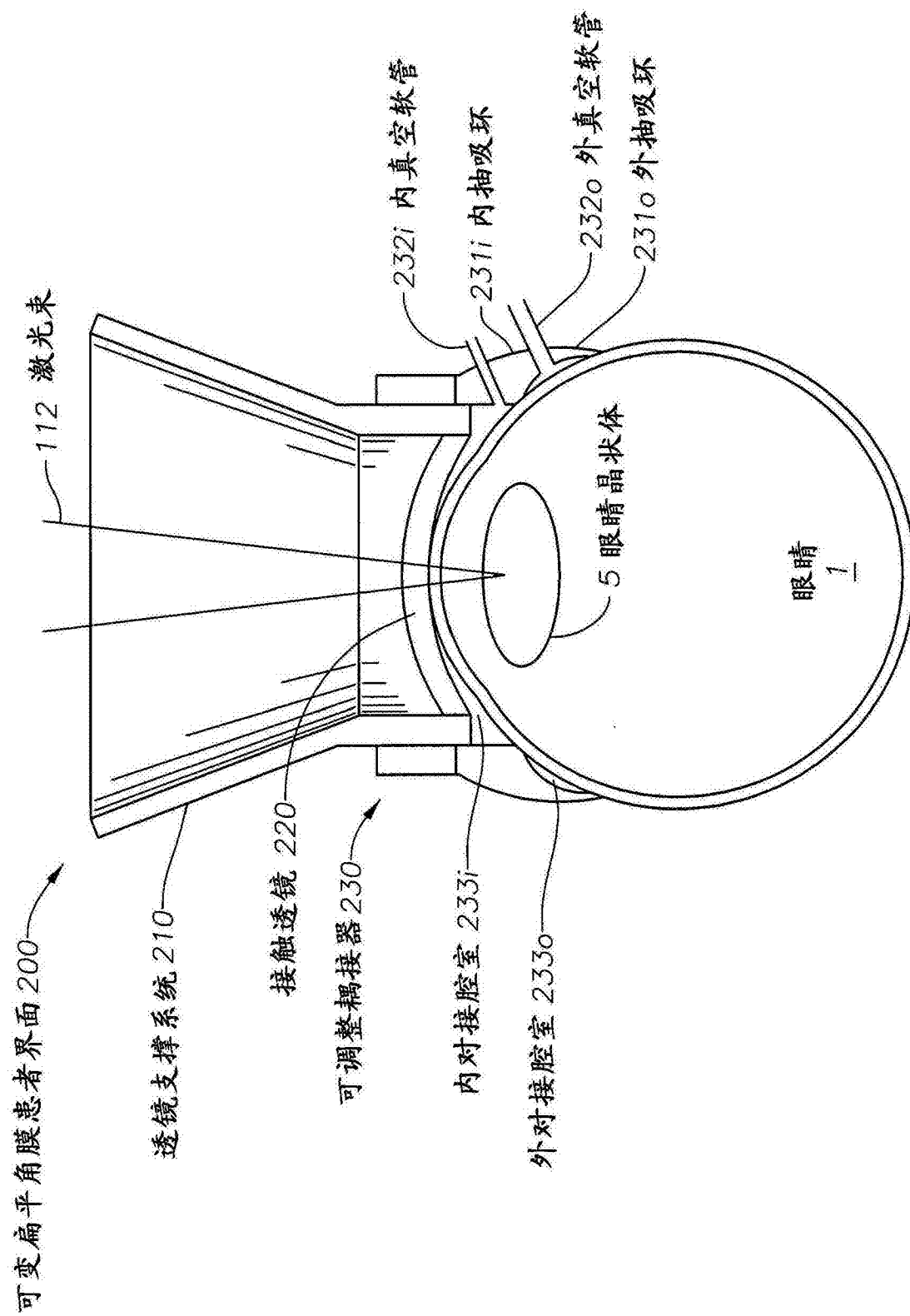


图6A

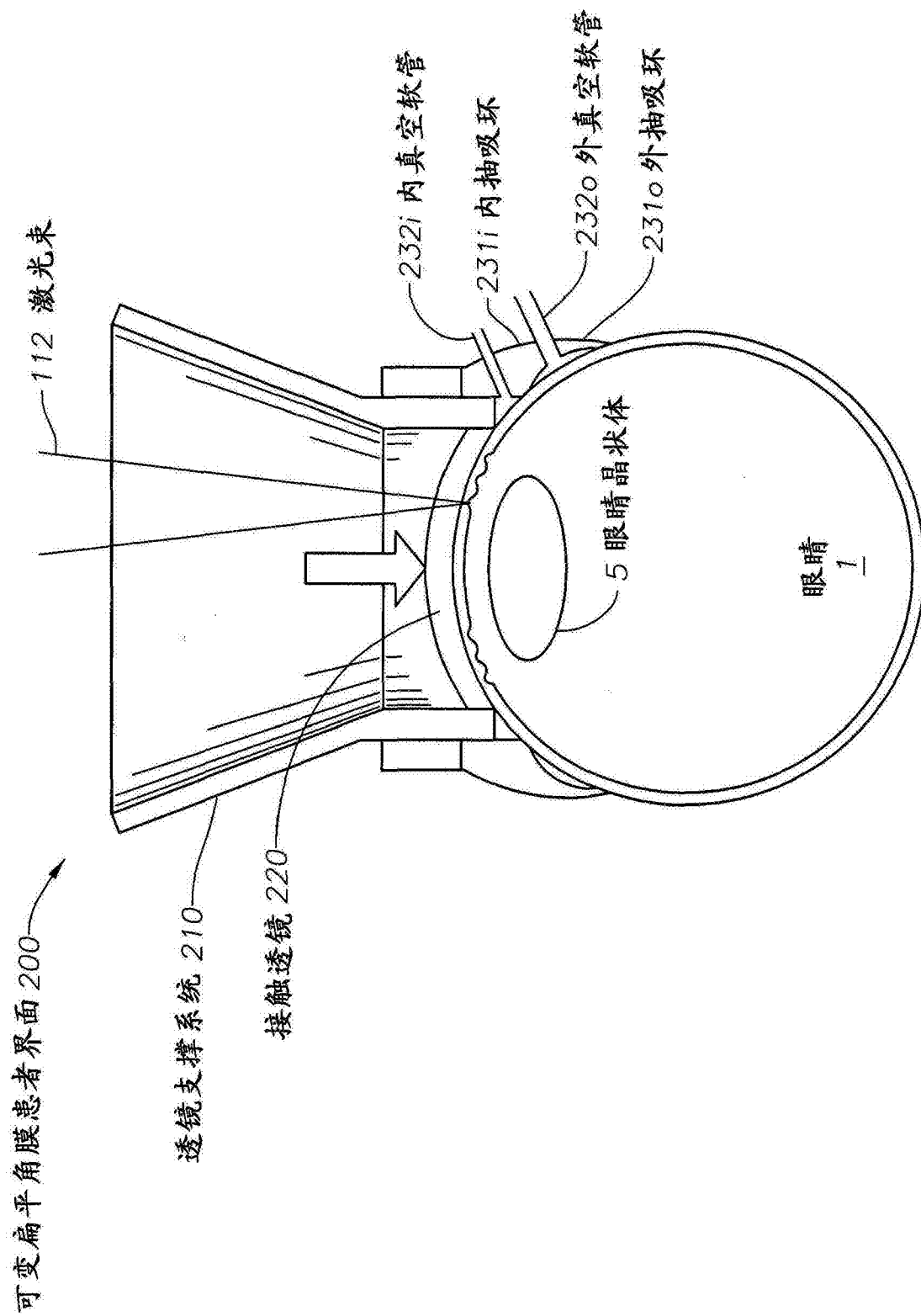


图6B

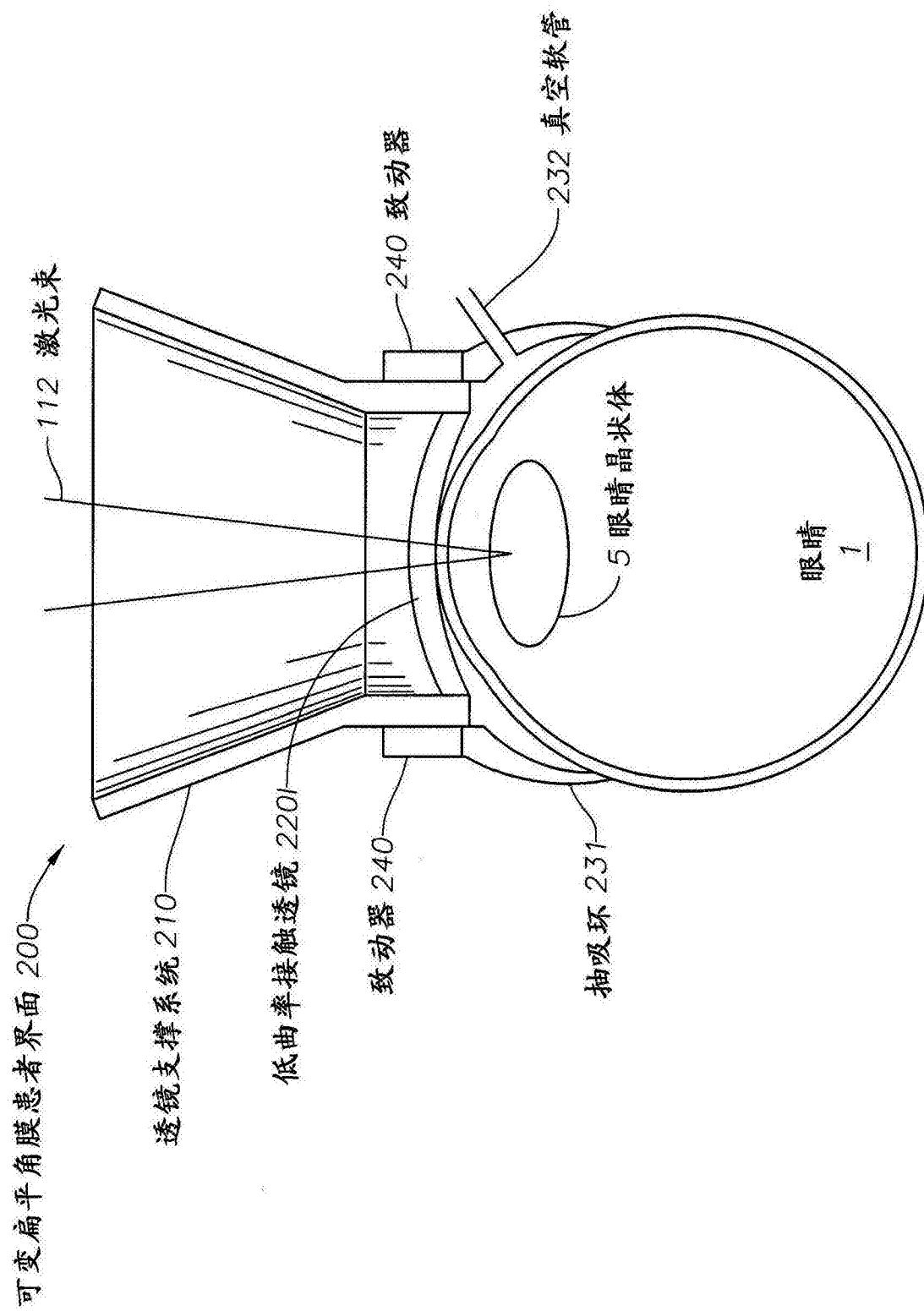


图7A

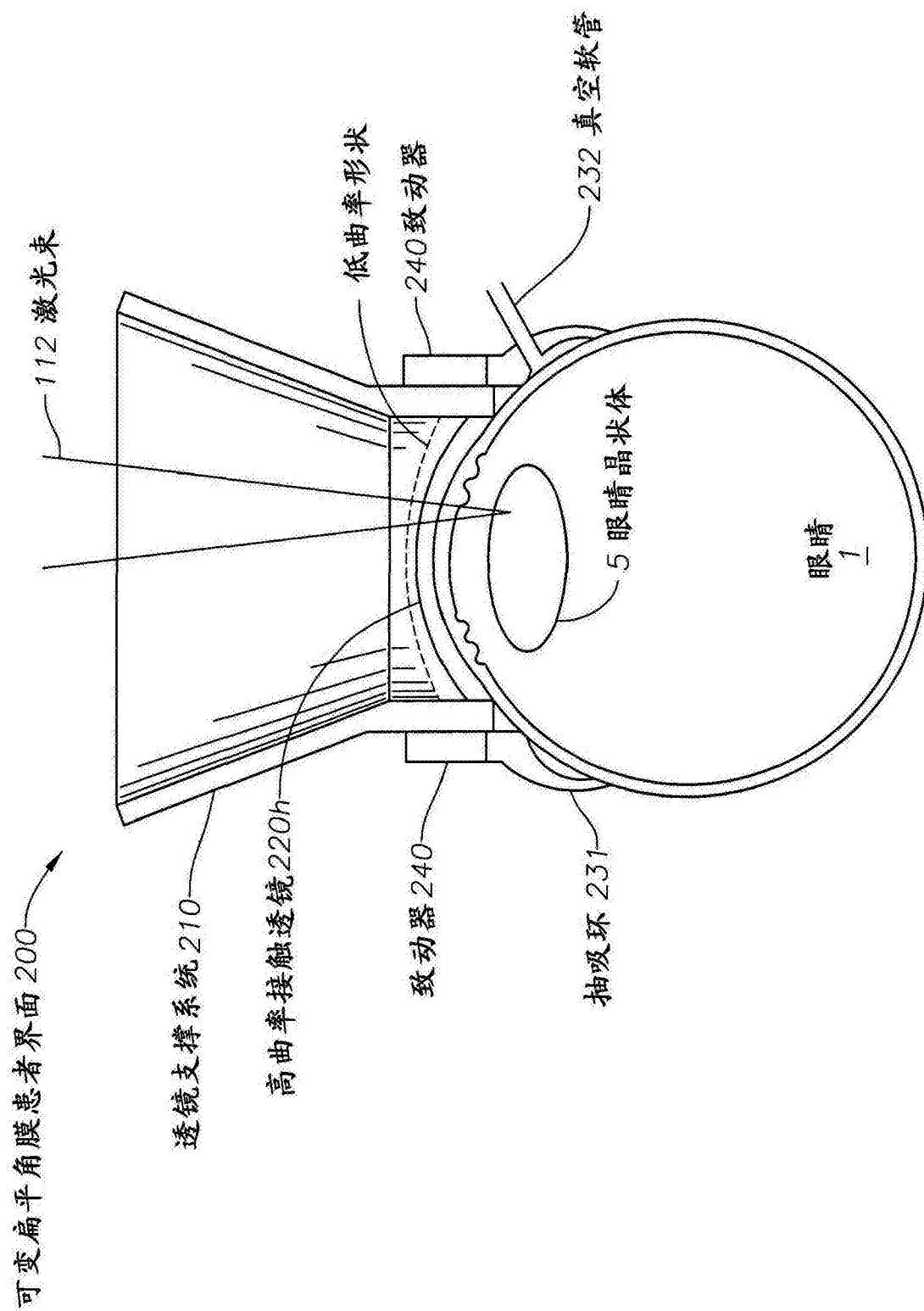


图7B

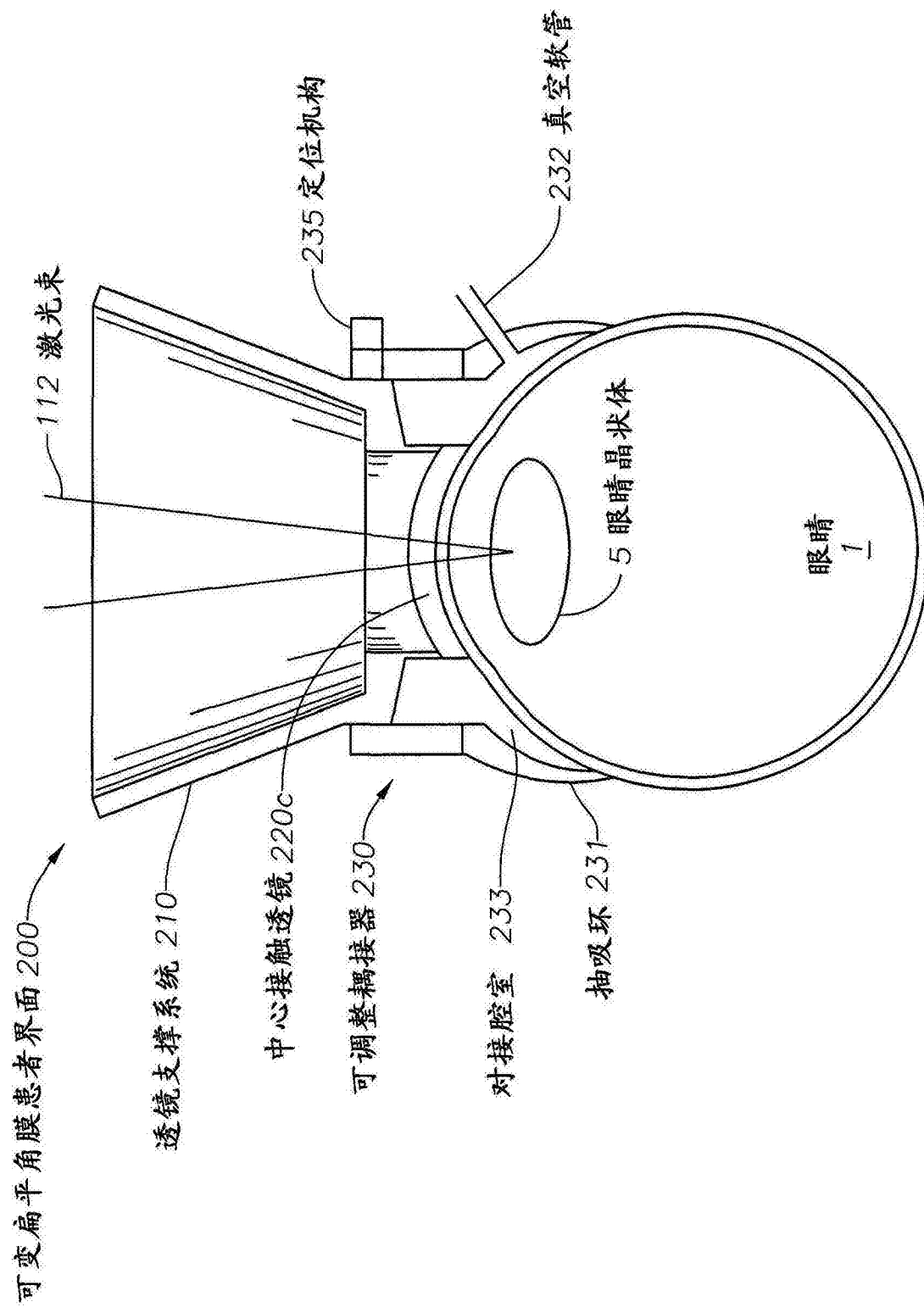


图8A

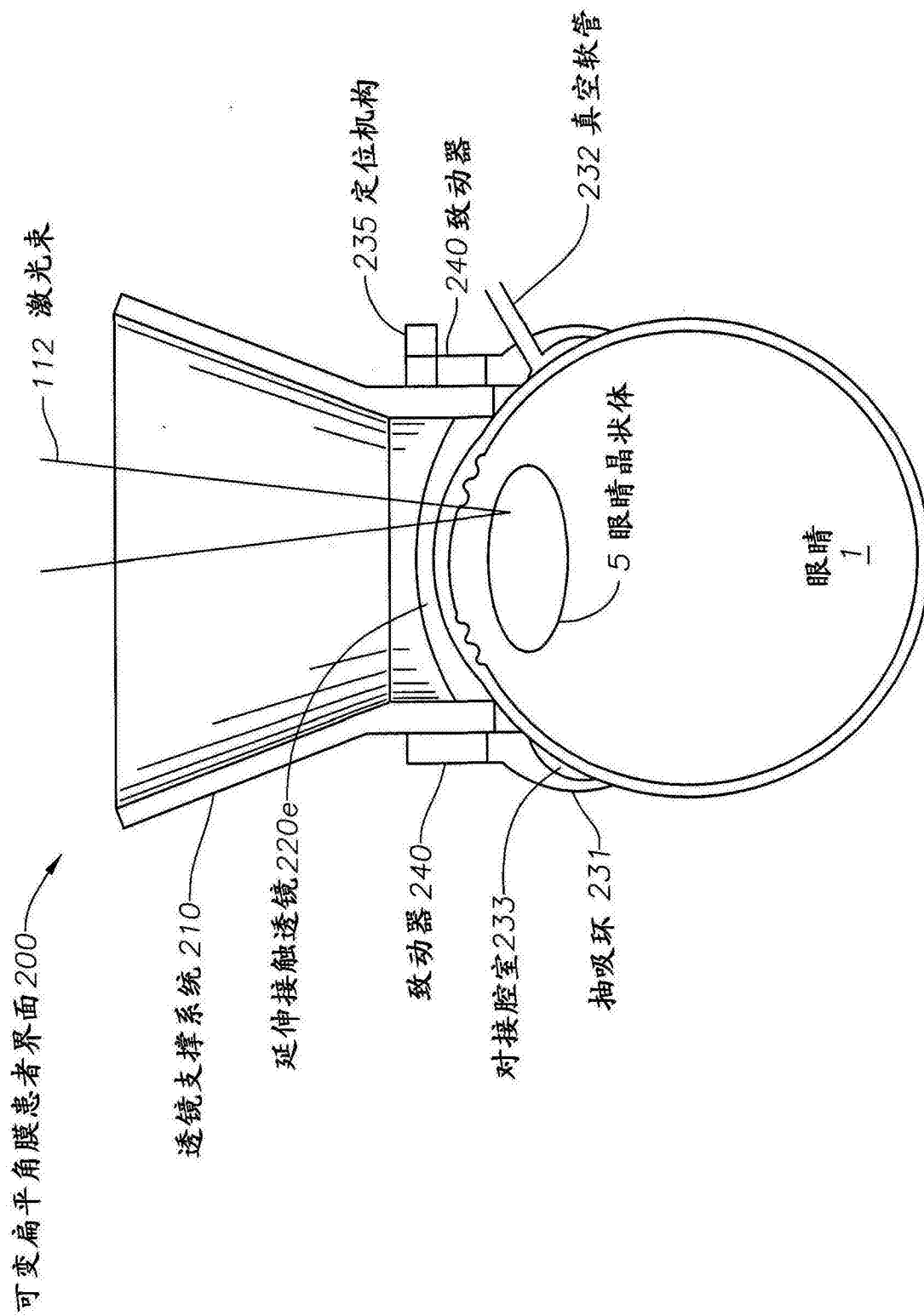


图8B

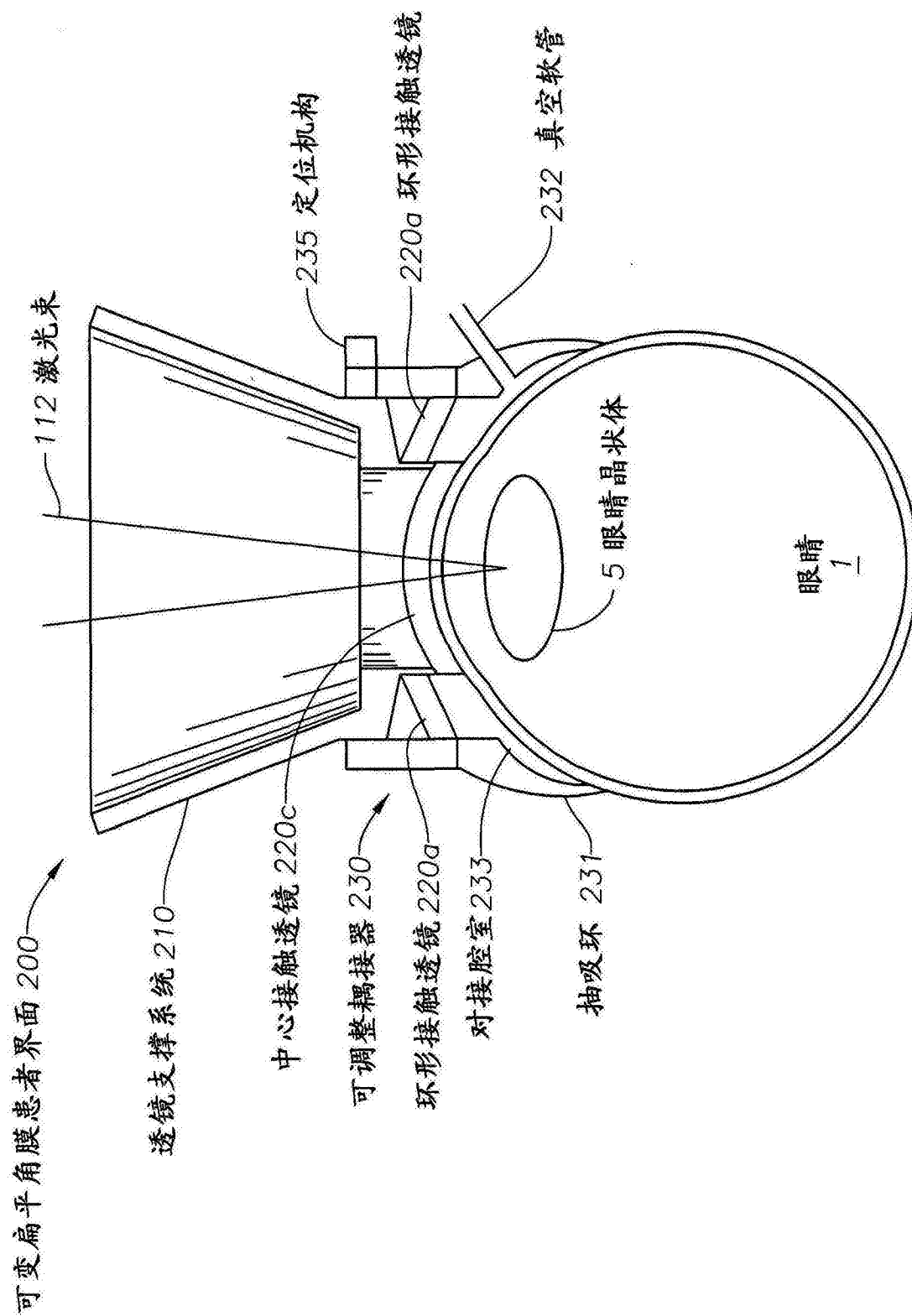


图8C

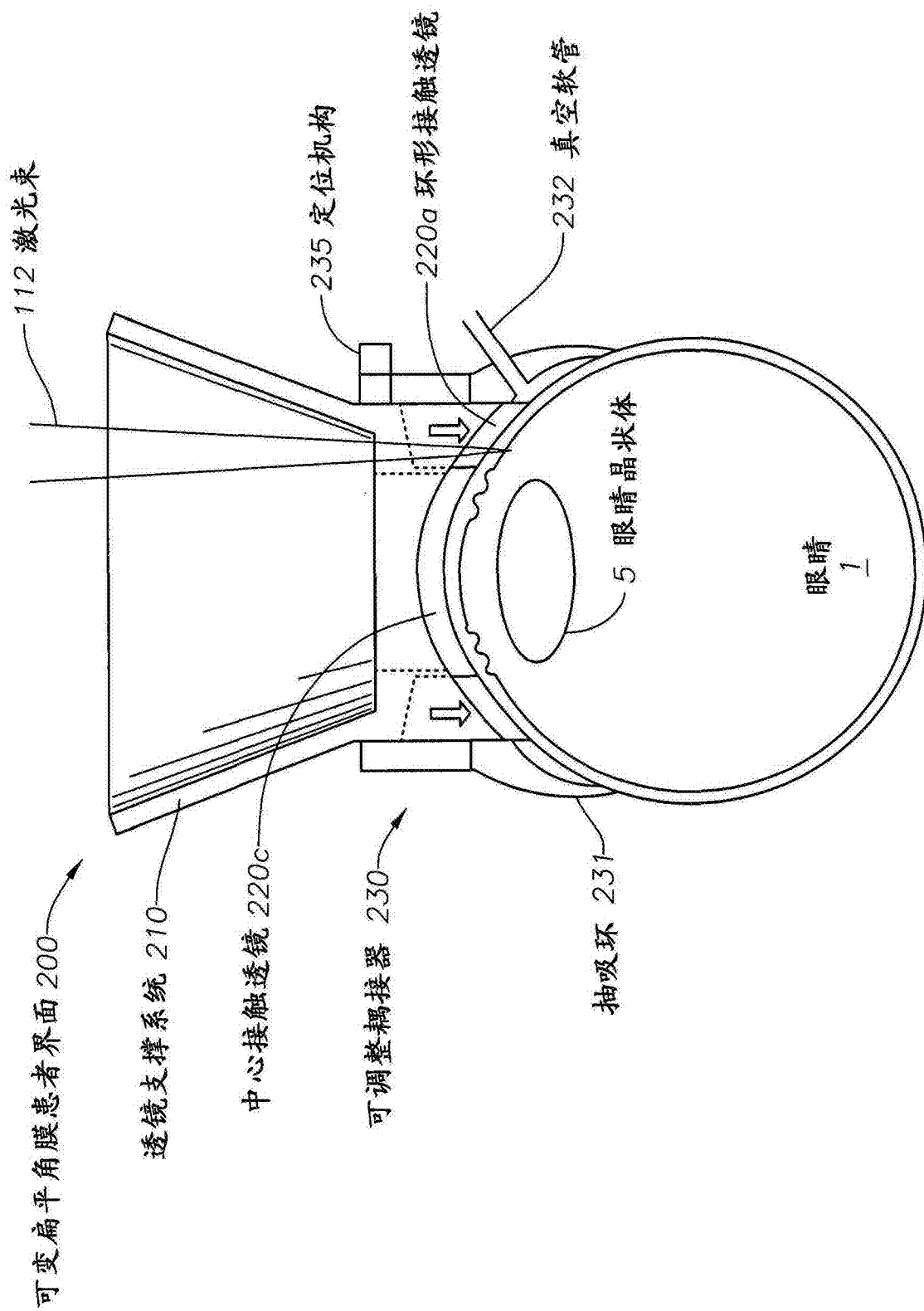


图8D

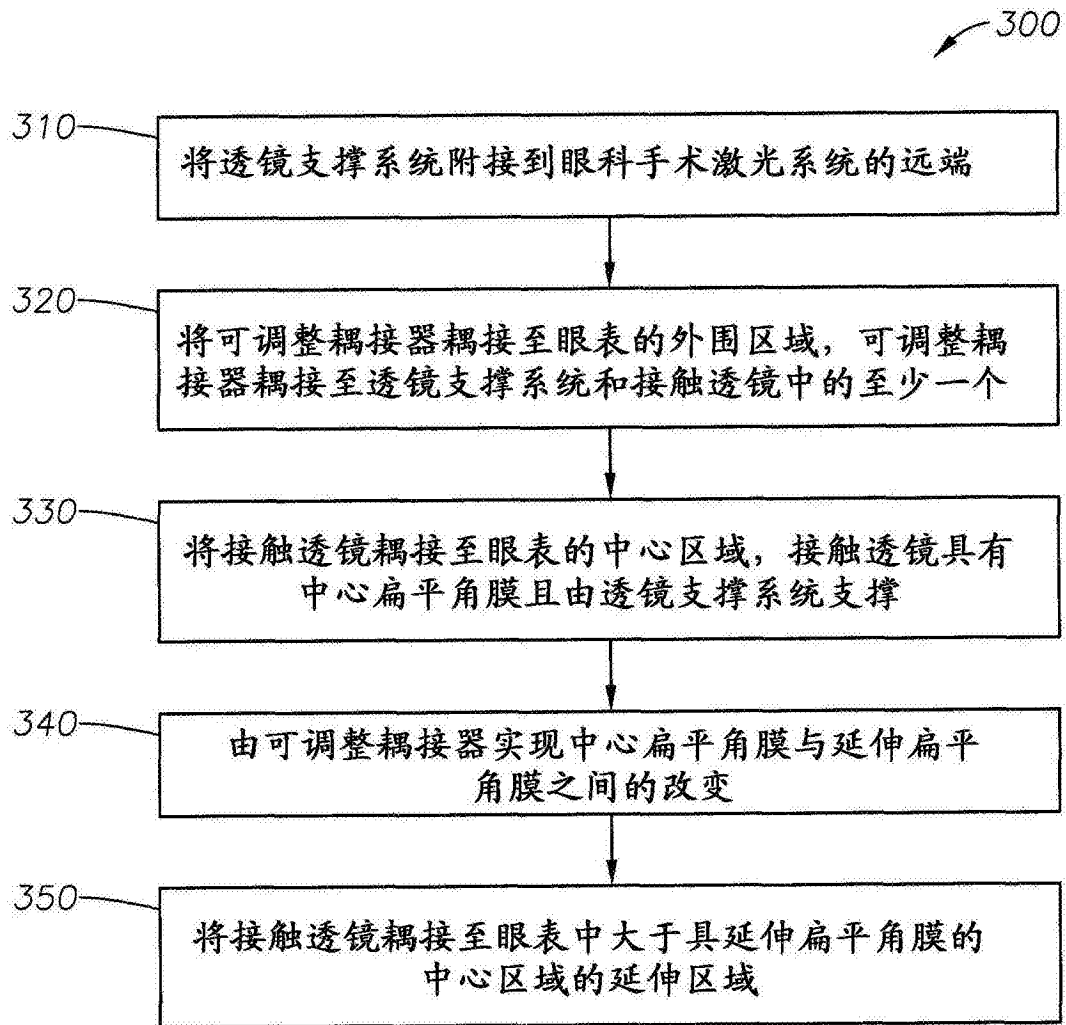


图9

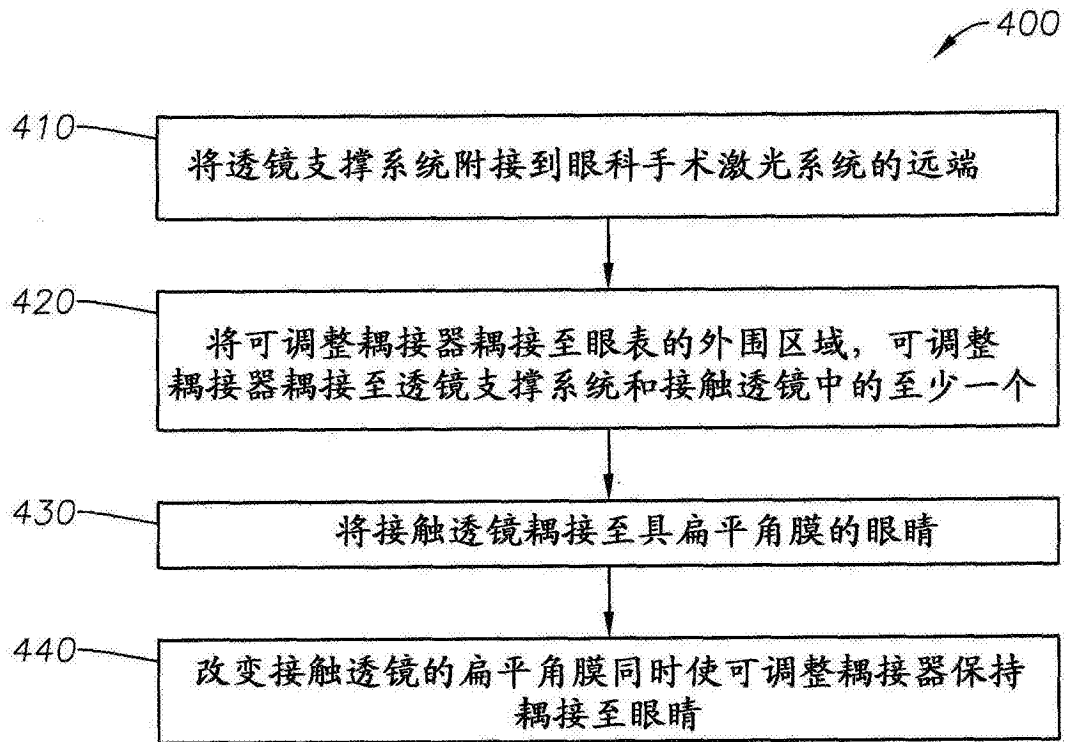


图10