



(10) 授权公告号 CN 114746797 B

(45) 授权公告日 2024. 11. 12

(21) 申请号 202080084598.0

(22) 申请日 2020.12.06

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114746797 A

(43) 申请公布日 2022.07.12

(30) 优先权数据
62/945,165 2019.12.08 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.06.06

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/IL2020/051259 2020.12.06

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/117033 EN 2021.06.17

(73) 专利权人 鲁姆斯有限公司
地址 以色列耐斯兹敖那

(72) 发明人 科比·格林斯坦
齐翁·艾森菲尔德
内塔内尔·戈尔德施泰因

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
专利代理师 高岩 乔图

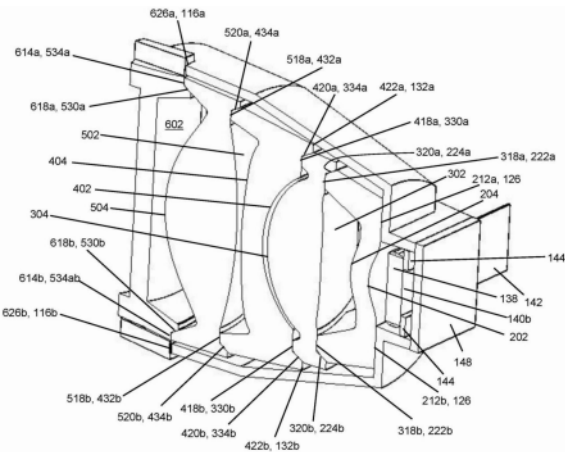
(51) Int.Cl.
G02B 27/01 (2006.01)
G02B 27/00 (2006.01)
H04N 9/12 (2006.01)
G02B 6/10 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 209624871 U, 2019.11.12
审查员 赵芳

权利要求书3页 说明书30页 附图28页

(54) 发明名称
具有紧凑型图像投影仪的光学系统

(57) 摘要
光学系统具有中空机械体,该中空机械体具有第一端和第二端。光学部件具有以堆叠构造布置的多个光学部件。每个光学部件具有一组接合构造。对于堆叠构造中的每对相邻光学部件,该对中的第一光学部件的至少一些接合构造与该对中的第二光学部件的至少一些接合构造接合。在堆叠构造的第一端处的光学部件的一些接合构造与中空机械体的第一端处的中空机械体的对应接合构造接合,以将堆叠构造的其他光学部件定位在中空机械体内。发射显示装置被布置在中空机械体的第二端处。



1. 一种光学系统,包括:

中空机械体,所述中空机械体包括第一端和第二端;

光学组件,所述光学组件包括以堆叠构造布置的多个光学部件,所述光学部件中的每一个包括一组接合构造,其中,对于所述堆叠构造中的每对相邻光学部件,所述对中的第一光学部件的至少一些接合构造被配置成与所述对中的第二光学部件的至少一些接合构造接合,并且其中,在所述堆叠构造的第一端处的所述光学部件的一些接合构造被配置成与在所述中空机械体的第一端处的所述中空机械体的对应接合构造接合,以将所述堆叠构造的其他光学部件定位在所述中空机械体内;以及

发射显示装置,所述发射显示装置被布置在所述中空机械体的第二端处,

其中,所述堆叠构造的第一端处的所述光学部件的接合构造包括至少一对向外突出凸缘,并且其中,所述中空机械体的第一端处的接合构造包括一对通道,所述一对通道被配置成容纳所述突出凸缘;

所述光学系统还包括:导光基板,所述导光基板具有彼此平行的至少两个主表面以及光波输入孔径,经由光学耦合构造,所述光波输入孔径光学耦合到所述堆叠构造的第一端处的所述光学部件,

其中,所述堆叠构造的第一端处的所述光学部件具有棱柱形的截面,并且被配置成在来自所述发射显示装置的图像光到达所述光学耦合构造之前修改所述图像光,以至少部分地补偿色差。

2. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述中空机械体还包括内侧壁构造,并且其中,所述光学部件中的至少一个包括至少一个旋转限制构造,其中,所述旋转限制构造和所述内侧壁构造协作以限制所述光学组件绕一个或更多个旋转轴的旋转量。

3. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述中空机械体的第二端包括:用于容纳所述发射显示装置的容纳部;以及向外突出侧壁构造。

4. 根据权利要求3所述的光学系统,还包括:盖构件,所述盖构件被布置在所述中空机械体的第二端的所述向外突出侧壁构造处。

5. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述中空机械体从所述第一端到所述第二端逐渐变细。

6. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述光学部件中的一个具有楔形的截面。

7. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述多个光学部件包括一组透镜。

8. 根据权利要求7所述的光学系统,其中,所述一组透镜具有四个透镜。

9. 根据权利要求7所述的光学系统,其中,所述一组透镜包括少于四个的透镜。

10. 根据权利要求7所述的光学系统,其中,所述一组透镜包括多于四个的透镜。

11. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述发射显示装置包括有机发光二极管显示器。

12. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述发射显示装置包括微型发光二极管显示器。

13. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述堆叠构造的第一端处的光学部件被粘附地附接到所述中空机械体的第一端。

14. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述堆叠构造的第一端处的所述光学部件

的接合构造将所述其他光学部件保持在所述中空机械体内,而无需使用施加到所述其他光学部件中的任何光学部件的粘合剂。

15.根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述其他光学部件被同轴地定位在所述中空机械体内。

16.根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述光学组件的所述光学部件中的至少一个光学部件由塑料材料构造。

17.根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述光学组件的所有光学部件由塑料材料构造。

18.根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述中空机械体由塑料材料构造。

19.根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述发射显示装置被配置成生成与图像对应的光,并且其中,所述光学组件被配置成接收来自所述发射显示装置的光并且输出用于耦合到导光基板中的图像光。

20.根据权利要求1所述的光学系统,其中,所述中空机械体还包括内侧壁构造,所述内侧壁构造被配置成减少由所述光学部件透射的光被所述中空机械体的内部部分的反射。

21.一种光学系统,包括:

中空机械体,所述中空机械体包括第一端和第二端;

光学组件,所述光学组件包括以堆叠构造布置的基部光学元件和多个透镜光学元件,其中,所述基部光学元件在所述堆叠构造的第一端处,并且所述透镜光学元件被布置在所述中空机械体内,所述光学组件的每个光学元件包括一组接合构造,其中,对于所述堆叠构造中的每对相邻光学元件,所述对中的第一光学元件的至少一些所述接合构造被配置成与所述对中的第二光学元件的至少一些所述接合构造接合,并且其中,所述基部光学元件的一些所述接合构造被配置成与所述中空机械体的第一端处的对应接合构造接合,以将所述透镜光学元件定位在所述中空机械体内;以及

发射显示装置,所述发射显示装置被布置在所述中空机械体的第二端处,所述发射显示装置被配置成生成用于传播通过所述光学组件的与图像对应的光,

其中,所述基部光学元件的接合构造包括至少一对向外突出凸缘,并且其中,所述中空机械体的第一端处的接合构造包括一对通道,所述一对通道被配置成容纳所述突出凸缘;

所述的光学系统还包括:导光基板,所述导光基板具有彼此平行的至少两个主表面和光学耦合区域,其中,所述基部光学元件光学耦合到所述光学耦合区域并且耦合到光学耦合构造,所述光学耦合构造被配置成将来自所述光学组件的图像光耦合到所述导光基板中,

其中,所述基部光学元件具有棱柱形的截面,并且被配置成在来自所述发射显示装置的图像光到达所述光学耦合构造之前修改所述图像光,以至少部分地补偿色差。

22.一种用于构造光学系统的方法,所述方法包括:

获得中空机械体,所述中空机械体包括第一端和第二端,所述第一端具有一组接合构造;

将多个光学部件使用对应的多个模具来模制,所述多个模具限定了所述光学部件的形状,每个形状包括一组接合构造;

以堆叠构造来布置所述光学部件,其中,所述堆叠构造的至少一部分在所述中空机械

体内,其中,对于所述堆叠构造中的每对相邻光学部件,所述对中的第一光学部件的至少一些所述接合构造与所述对中的第二光学部件的至少一些所述接合构造接合,并且其中,所述堆叠构造的第一端处的所述光学部件的一些所述接合构造与所述中空机械体的第一端处的所述接合构造接合,以将所述堆叠的所述部分保持在所述中空机械体内,其中,所述堆叠构造的第一端处的所述光学部件的接合构造包括至少一对向外突出凸缘,并且其中,所述中空机械体的第一端处的接合构造包括一对通道,所述一对通道被配置成容纳所述突出凸缘;以及

在所述中空机械体的第二端处布置发射显示装置;

所述方法还包括:

获得导光基板,所述导光基板具有彼此平行的至少两个主表面以及光波输入孔径,所述光波输入孔径经由光学耦合构造光学耦合到所述堆叠构造的第一端处的所述光学部件,

其中,获得具有棱柱形的截面的所述堆叠构造的第一端处的所述光学部件,所述堆叠构造的第一端处的所述光学部件被配置成在来自所述发射显示装置的图像光到达所述光学耦合构造之前修改所述图像光,以至少部分地补偿色差。

23. 根据权利要求22所述的方法,其中,所述模制包括:将塑料材料浇铸或注入到所述模具中。

24. 根据权利要求22所述的方法,其中,获得所述中空机械体包括:获得限定所述中空机械体的形状的模具;以及将材料浇铸或注入到限定所述中空机械体的形状的所述模具中。

25. 根据权利要求22所述的方法,还包括:在所述堆叠构造的所述第一端处的所述光学部件与所述第一端处的至少一部分之间施加粘合剂。

26. 根据权利要求22所述的方法,其中,所述中空机械体从所述第一端到所述第二端逐渐变细。

27. 根据权利要求22所述的方法,其中,所述中空机械体的第二端包括用于容纳所述发射显示装置的容纳部以及向外突出侧壁构造,所述方法还包括:在所述中空机械体的第二端的所述向外突出侧壁构造处布置盖构件。

28. 根据权利要求27所述的方法,其中,所述堆叠构造的第一端处的所述光学部件与所述盖构件协作以密封所述中空机械体,以基本上防止环境碎片接触布置在所述中空机械体内的所述光学部件。

29. 根据权利要求22所述的方法,还包括:将安装适配器粘附地附接到所述发射显示装置;以及将所述安装适配器粘附地附接到所述中空机械体的第二端的一部分。

30. 根据权利要求29所述的方法,还包括:在将所述安装适配器粘附地附接到所述中空机械体的第二端的所述部分之前,将所述发射显示装置与所述光学部件对准。

31. 根据权利要求22所述的方法,其中,所述模具具有分型线,所述分型线产生相应光学部件的侧壁几何形状,所述侧壁几何形状减少由所述光学部件透射的光被所述中空机械体的内部部分的反射。

32. 根据权利要求22所述的方法,其中,所述中空机械体还包括内侧壁构造,所述内侧壁构造被配置成减少由所述光学部件透射的光被所述中空机械体的内部部分的反射。

具有紧凑型图像投影仪的光学系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2019年12月8日提交的美国临时专利申请第62/945,165号的优先权,其全部公开内容通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及具有图像投影仪和孔径扩大光波导的光学系统和装置。

背景技术

[0004] 用于近眼显示器(near eye display,NED)、头戴式显示器(head mounted display,HMD)和平视显示器(head up display,HUD)的光学布置需要较大的孔径来覆盖观看者眼睛所在的区域(通常称为眼动盒或EMB)。为了实现紧凑的装置,要投影到观看者眼睛中的图像是由具有小孔径的小型光学图像生成器(投影仪)生成的,该小孔径被倍增以生成大孔径。

[0005] 已经基于使图像通过内反射在其内传播的透明材料的平行面平板开发了一个维度上进行孔径倍增的方法。通过使用成倾斜角度的部分反射器或者通过在平板的一个表面上使用衍射光学元件,将图像波前的一部分耦出平板。在本文中,将这种平板称为导光光学元件(light-guide optical element,LOE)、导光基板、透光基板或波导。在图1中示意性地示出了这种孔径倍增的原理,图1示出了导光光学元件10,该导光光学元件10具有用于通过内反射(优选地为全内反射)来导光的一对平行的主外表面(面)12a、12b。(示意性地表示为矩形的)图像投影仪11生成投影图像14,投影图像14在这里由包括跨越光束的样本光线14a和14b的照射光束14示意性地表示。投影图像14由光学耦入构造16耦合到导光光学元件10中(光学耦入构造16在这里由棱镜16(可互换地称为“楔形件”)示意性地示出),以生成反射光线18,该反射光线18通过内反射而被捕获在基板内,从而还生成光线20。这里,楔形件16包括三个主表面即主表面17a、主表面17b和主表面17c,其中表面17c位于LOE 10的倾斜边缘15附近(或与LOE的倾斜边缘15相同)(其中边缘15与面12a、面12b成倾斜角 α_{edge})。图像14通过表面17a进入楔形件16,然后经由表面17c和倾斜边缘15耦合到LOE 10中。

[0006] 耦入的图像通过来自面12a、面12b的重复内反射而沿着基板10传播,撞击在光学耦出构造22上,光学耦出构造22在此处由与平行面12a、平行面12b成倾斜角(α_{sur})的一系列部分反射表面22示意性地示出,在部分反射表面22处,图像强度的一部分被反射,作为光线24a和24b朝向位于EMB 28处的观看者的眼睛26的瞳孔25从基板耦出,EMB 28在距表面12b出瞳距离(eye relief,ER)30处。为了使可能引起重影的不需要的反射最小化,部分反射表面22优选地被施加,以在第一入射角范围内具有较低的反射率,而在第二入射角范围内具有所需的部分反射率,其中将相对于部分反射表面22的法线具有小的倾斜(在此表示为角度 β_{ref})的光线被分离以生成用于耦出的反射光线,而(相对于法线)具有高倾斜的光线被以可忽略的反射进行传输。

[0007] 投影图像14是准直图像,即,其中每个像素由对应角度的平行光束表示,相当于来

自远离观看者的场景的光(准直图像被称为“准直到无限远”)。在此,图像用与图像中的单个点(通常是图像的质心)对应的光线来简单表示,但实际上图像包括相对于该中心光束的每一侧的角度范围,该图像以对应角度范围耦合入基板并且类似地以对应角度耦合出,从而创建与以不同方向到达观看者的眼睛26的图像部分对应的视场。

[0008] 先前设想的几种光学架构采用下述图像投影仪,这些图像投影仪使用被实现为反射型显示装置或透射型显示装置的微显示器,这些显示装置(例如硅基本液晶——LCoS和液晶显示器——LCD)响应于偏振照射结合楔形耦合构造而发出偏振光。这些光学架构能够利用来自图像投影仪的光波填充LOE,从而覆盖大的视场(field of view,FOV),因为图像投影仪与LOE之间的角度通常由楔形件确定,并且可以设计成能够填充LOE(在图1中,该角度是表面12a、12b与表面17a的法线之间的角度)。然而,采用反射型显示装置(例如,LCoS)或透射型显示装置(例如,LCD)的图像投影仪需要以下部件:照射部件,用于以偏振照射来照射显示装置,以生成偏振图像光波;以及光学部件,用于将偏振光引导至显示装置并且输出偏振图像照射(在某些情况下使偏振图像照射去偏振)以注入到LOE中。照射部件包括例如一个或多个LED、激光二极管、光束组合器、光纤等。光学部件包括例如一个或多个偏振选择分束器、偏振器、耦合到偏振选择分束器的准直光学器件。这些照射部件和光学部件通常具有相对高的制造成本,并且还导致图像投影仪和整个光学系统更重且体积更大,这在光学系统被布置成近眼显示器(near eye display,NED)装置或头戴式显示器(HMD)装置的一部分的情况下,特别是在光学系统以眼镜形状参数实现时可能是不期望的。另外,将楔形光学耦合构造与利用发射显示装置的图像投影仪一起使用可能会引入重影图像和/或色差,从而降低从LOE耦合出的图像的质量。

发明内容

[0009] 本发明是具有导光光学元件和紧凑型图像投影仪的光学系统,以及用于构造该紧凑型图像投影仪的方法。根据本发明的一个方面的某些优选实施方式,通过利用发射显示装置以及在中空机械体(即,壳体)内以堆叠布置的光学部件,提供了紧凑且轻量的图像投影仪。光学部件优选地通过利用专门设计的模具并且使用例如铸造、注入模制技术或者任何其他相关的模制过程以塑料、玻璃或聚合物材料来制成。用于制造光学部件的模具限定了光学部件的接合构造,该接合构造促进了堆叠的相邻光学部件之间的机械互锁接合。根据本发明的另一个方面的其他实施方式提供了光学耦合构造,该光学耦合构造减少了由光学系统输出的图像中的重影图像。在本发明的又一方面中,可以通过修改图像投影仪的光学部件(和/或容纳/保持光学部件的机械体)的侧壁来减少可能由图像投影仪的部件引起的重影图像。根据本发明又一方面的其他实施方式提供了下述图像投影仪,该图像投影仪包括光学部件,该光学部件补偿由导光光学元件和/或光学耦合构造引入的色差的影响。

[0010] 根据本发明的实施方式的教导,提供了下述光学系统。该光学系统包括:中空机械体,其包括第一端和第二端;光学组件,其包括以堆叠构造布置的多个光学部件,光学部件中的每一个包括一组接合构造,并且对于堆叠构造中的每对相邻光学部件,该对中的第一光学部件的至少一些接合构造被配置成与该对中的第二光学部件的至少一些接合构造接合,并且在堆叠构造的第一端处的光学部件的一些接合构造被配置成与在中空机械体的第一端处的中空机械体的对应接合构造接合,以将堆叠构造的其他光学部件定位在中空机械

体内;以及发射显示装置,其被布置在中空机械体的第二端处。

[0011] 可选地,在堆叠构造的第一端处的光学部件的接合构造包括至少一对向外突出凸缘,并且中空机械体的第一端处的接合构造包括一对通道,所述一对通道被配置成容纳该突出凸缘。

[0012] 可选地,中空机械体还包括内侧壁构造,并且光学部件中的至少一个包括至少一个旋转限制构造,并且旋转限制构造和内侧壁构造协作以限制光学组件绕一个或多个旋转轴的旋转量。

[0013] 可选地,中空机械体的第二端包括:用于容纳发射显示装置的容纳部;以及向外突出侧壁构造。

[0014] 可选地,光学系统还包括:盖构件,其被布置在中空机械体的第二端的向外突出侧壁构造处。

[0015] 可选地,中空机械体从第一端到第二端逐渐变细。

[0016] 可选地,光学部件之一具有基本楔形的截面。

[0017] 可选地,多个光学部件包括一组透镜。

[0018] 可选地,该一组透镜包括恰好四个透镜。

[0019] 可选地,该一组透镜包括少于四个的透镜。

[0020] 可选地,该一组透镜包括多于四个的透镜。

[0021] 可选地,发射显示装置包括有机发光二极管显示器。

[0022] 可选地,发射显示装置包括微型发光二极管显示器。

[0023] 可选地,堆叠构造的第一端处的光学部件被粘附地附接到中空机械体的第一端。

[0024] 可选地,堆叠构造的第一端处的光学部件的接合构造将其他光学部件保持在中空机械体内,而无需使用施加到其他光学部件中的任何光学部件的粘合剂。

[0025] 可选地,其他光学部件被同轴地定位在中空机械体内。

[0026] 可选地,光学组件的至少一个光学部件由塑料材料构造。

[0027] 可选地,光学组件的所有光学部件由塑料材料构造。

[0028] 可选地,中空机械体由塑料材料构造。

[0029] 可选地,发射显示装置被配置成生成与图像对应的光,并且光学组件被配置成接收来自发射显示装置的光并且输出用于耦合到透光基板中的图像光。

[0030] 可选地,光学系统还包括:导光基板,导光基板具有彼此平行的至少两个主表面以及光波输入孔径,该光波输入孔径经由光学耦入构造光学耦合到光学部件中的第一光学部件。

[0031] 可选地,光学部件中的第一光学部件具有棱柱形的截面,并且被配置成在来自发射显示装置的图像光到达光学耦入构造之前修改图像光,以至少部分地补偿色差。

[0032] 可选地,中空机械体还包括内侧壁构造,内侧壁构造被配置成减少由光学部件透射的光被中空机械体的内部部分的反射。

[0033] 根据本发明的教导的实施方式,还提供了下述光学系统。该光学系统包括:中空机械体,其包括第一端和第二端;光学组件,其包括以堆叠构造布置的基部光学元件和多个透镜光学元件,基部光学元件在堆叠构造的第一端处,并且透镜光学元件被布置在中空机械体内,光学组件的光学元件中的每一个包括一组接合构造,对于堆叠构造中的每对相邻光

学元件,该对中的第一光学元件的至少一些接合构造被配置成与该对中的第二光学元件的至少一些接合构造接合,并且基部光学元件的一些接合构造被配置成与中空机械体的第一端处的对应接合构造接合,以将透镜光学元件定位在中空机械体内;以及发射显示装置,其被布置在中空机械体的第二端处,发射显示装置被配置成生成用于传播通过光学组件的与图像对应的光。

[0034] 可选地,光学系统还包括:导光基板,导光基板具有彼此平行的至少两个主表面和光学耦合区域,基部光学元件光学耦合到光学耦合区域并且耦合到光学耦合构造,光学耦合构造被配置成将来自光学部件的图像光耦合到导光基板中。

[0035] 可选地,基部光学元件具有棱柱形的截面,并且被配置成在来自发射显示装置的图像光到达光学耦合构造之前修改图像光,以至少部分地补偿色差。

[0036] 根据本发明的教导的实施方式,还提供了用于构造光学系统的方法。该方法包括:获得包括第一端和第二端的中空机械体,第一端具有一组接合构造;使用限定光学部件的形状的对应的多个模具来模制多个光学部件,每个形状包括一组接合构造;以堆叠构造布置光学部件,其中,堆叠构造的至少一部分在中空机械体内,其中,对于堆叠构造中的每对相邻的光学部件,该对中的第一光学部件的至少一部分接合构造与该对中的第二光学部件的至少一些接合构造接合,并且其中,堆叠构造的第一端处的光学部件的一些接合构造与中空机械体的第一端处的接合构造接合,以将堆叠的部分保持在中空机械体内;以及在中空机械体的第二端处布置发射显示装置。

[0037] 可选地,模制包括:将塑料材料浇铸或注入到模具中。

[0038] 可选地,获得中空机械体包括:获得限定中空机械体的形状的模具;以及将材料浇铸或注入到限定中空机械体的形状的模具中。

[0039] 可选地,方法还包括:在堆叠构造的第一端处的光学部件与第一端处的至少一部分之间施加粘合剂。

[0040] 可选地,中空机械体从第一端到第二端逐渐变细。

[0041] 可选地,中空机械体的第二端包括用于容纳发射显示装置的容纳部以及向外突出侧壁构造,方法还包括:在中空机械体的第二端的向外突出侧壁构造处布置盖构件。

[0042] 可选地,堆叠构造的第一端处的光学部件与盖构件协作以密封中空机械体,以基本上防止环境碎片接触布置在中空机械体内的光学部件。

[0043] 可选地,方法还包括:将安装适配器粘附地附接到发射显示装置;以及将安装适配器粘附地附接到中空机械体的第二端的一部分。

[0044] 可选地,方法还包括:在将安装适配器粘附地附接到中空机械体的第二端的部分之前,将发射显示装置与光学部件对准。

[0045] 可选地,模具具有分型线,分型线产生相应光学部件的侧壁几何形状,侧壁几何形状减少由光学部件透射的光被中空机械体的内部部分的反射。

[0046] 可选地,中空机械体还包括内侧壁构造,内侧壁构造被配置成减少由光学部件透射的光被中空机械体的内部部分的反射。

[0047] 根据本发明的教导的实施方式,还提供了下述光学系统。该光学系统包括:图像投影仪,其用于产生与图像对应的光波,该图像投影仪包括:发射显示装置,其被配置成生成与图像对应的光,以及光学组件,其被配置成接收来自发射显示装置的光并且输出图像光;

透光基板,其具有包括两个平行的主外表面的多个表面以及不平行于主外表面的边缘,该透光基板被配置成通过主外表面之间的内反射来引导光;以及板,板包括第一主外表面和第二主外表面以及一对边缘,板的第一主外表面叠加在透光基板的边缘上,板的第二主外表面包括光学耦合构造,光学耦合构造与图像投影仪相关联并且被配置成将来自图像投影仪的图像光耦合到透光基板中,并且板的至少一个边缘包括吸收体,以基本上防止源自图像投影仪的光被板的至少一个边缘反射。

[0048] 可选地,板的第二表面是形成光学耦合构造的反射表面。

[0049] 可选地,反射表面是通过将反射涂层施加到板的第二表面形成的。

[0050] 可选地,反射表面是通过将介电涂层施加到板的第二表面形成的。

[0051] 可选地,反射表面是通过将金属涂层施加到板的第二表面形成的。

[0052] 可选地,基本上防止被板的边缘反射的光包括由光学耦合构造反射的光。

[0053] 可选地,光学系统还包括:与透光基板相关联的光学耦合构造,光学耦合构造被配置成将在透光基板的主外表面之间引导的光的一部分耦合。

[0054] 可选地,光学耦合构造包括相对于透光基板的主外表面倾斜地布置在透光基板内的多个部分反射表面。

[0055] 可选地,光学耦合构造包括与透光基板的主外表面之一相关联的衍射元件。

[0056] 根据本发明的教导的实施方式,还提供了下述光学系统。该光学系统包括:图像投影仪,其用于产生与图像对应的光波,该图像投影仪包括:发射显示装置,其被配置成生成与图像对应的光,以及光学组件,其被配置成接收来自发射显示装置的光并且输出图像光;透光基板,其具有包括两个平行的主外表面的多个表面以及不平行于主外表面的边缘,该透光基板被配置成通过主外表面之间的内反射来引导光;以及光学耦合构造,其与图像投影仪相关联并且被配置成将来自图像投影仪的图像光耦合到透光基板中,光学耦合构造包括:反射表面,其被布置在透光基板的边缘处,以及角度选择性反射表面,其相对于透光基板的主外表面倾斜地布置在透光基板内,该角度选择性反射表面被配置成:透射以第一入射角范围入射到角度选择性反射表面的光,使得所透射的光被透光基板的主外表面之间的内反射引导,并且反射以第二入射角范围入射到角度选择性反射表面的光。

[0057] 可选地,角度选择性反射表面平行于反射表面。

[0058] 可选地,反射表面是通过将反射涂层施加到透光基板的边缘形成的。

[0059] 可选地,角度选择性反射表面是通过将介电涂层施加到透光基板内的表面形成的。

[0060] 可选地,光学系统还包括:与透光基板相关联的光学耦合构造,光学耦合构造被配置成将在透光基板的主外表面之间引导的光的一部分耦合。

[0061] 可选地,光学耦合构造包括相对于透光基板的主外表面倾斜地布置在透光基板内的多个相互平行的部分反射表面。

[0062] 可选地,角度选择性反射表面与部分反射表面不平行。

[0063] 可选地,光学耦合构造包括与透光基板的主外表面之一相关联的衍射元件。

[0064] 根据本发明的教导的实施方式,还提供了下述光学系统。该光学系统包括:图像投影仪,其用于生成与图像对应的光波,图像投影仪包括:发射显示装置,其被配置成生成与图像对应的光,以及光学组件,其被配置成接收来自发射显示装置的光并且输出图像光,光

学部件包括以堆叠构造布置的基部光学元件和多个透镜光学元件;透光基板,其具有包括至少一对主外表面的多个表面,透光基板被配置成通过主外表面之间的内反射来引导光;以及光学耦合构造,其与基部光学元件以及透光基板的耦合区域相关联,并且被配置成将来自图像投影仪的图像光耦合到透光基板中,基部光学元件具有棱柱形的截面,并且被配置成在图像光到达光学耦合构造之前修改图像光,以至少部分地补偿色差。

[0065] 可选地,透光基板的多个表面还包括与主外表面不平行的边缘,光学系统还包括板,板包括第一主外表面和第二主外表面以及一对边缘,板的第一主外表面叠加在透光基板的边缘上,光学耦合构造包括布置在板的第二主外表面处的反射表面,并且板的至少一个边缘包括吸收体,以基本上防止来自图像投影仪的光被板的至少一个边缘反射。

[0066] 可选地,透光基板的多个表面还包括与主外表面不平行的边缘,并且光学耦合构造包括:布置在透光基板的边缘处的反射表面;以及角度选择性反射表面,其相对于透光基板的主外表面倾斜地布置在透光基板内,角度选择性反射表面被配置成:透射以第一入射角范围入射到角度选择性反射表面的光,使得所透射的光被透光基板的主外表面之间的内反射引导,并且反射以第二入射角范围入射到角度选择性反射表面的光。

[0067] 可选地,光学系统还包括:与透光基板相关联的光学耦合构造,光学耦合构造被配置成将在透光基板的主外表面之间引导光的一部分耦合出。

[0068] 可选地,光学耦合构造包括相对于透光基板的主外表面倾斜地布置在透光基板内的多个部分反射表面。

[0069] 可选地,光学耦合构造包括与透光基板的主外表面之一相关联的衍射元件。

[0070] 根据本发明的教导的实施方式,还提供了下述光学系统。该光学系统包括:图像投影仪,其用于产生与图像对应的光波,图像投影仪包括:发射显示装置,其被配置成生成与图像对应的光,以及光学组件,其被配置成接收来自发射显示装置的光并且输出图像光,光学部件包括以堆叠构造布置的多个光学部件,并且在光学部件的每对相邻光学部件之间具有机械互锁接合;透光基板,其具有包括两个平行的主外表面的多个表面以及不平行于主外表面的边缘,透光基板被配置成通过主外表面之间的内反射来引导光;以及光学耦合构造,其与图像投影仪相关联,光学耦合构造被配置成将来自图像投影仪的图像光耦合到透光基板中。

[0071] 可选地,光学系统还包括:与透光基板相关联的光学耦合构造,光学耦合构造被配置成将在透光基板的主外表面之间引导光的一部分耦合出。

[0072] 可选地,光学耦合构造包括相对于透光基板的主外表面倾斜地布置在透光基板内的多个部分反射表面。

[0073] 可选地,光学耦合构造包括与透光基板的主外表面之一相关联的衍射元件。

[0074] 在本说明书和权利要求书中使用的术语“透光基板”是指由透明材料形成的任何透光体,优选地为透光固体,在本文中可互换地称为“导光光学元件”、“光导”或“光波导”。

[0075] 除非本文另有定义,否则本文使用的所有技术和/或科学术语具有与本发明所属领域的普通技术人员通常理解的含义相同的含义。尽管与本文描述的方法和材料类似或等同的方法和材料可以在本发明的实施方式的实践或测试中使用,但是下文描述了示例性方法和/或材料。在存在冲突的情况下,应以专利说明书(包括定义)为准。另外,材料、方法和示例仅是说明性的,并且不旨在必然限制。

附图说明

[0076] 本文参照附图以仅示例的方式描述了本发明的一些实施方式。在具体详细地参照附图的情况下,要强调的是,所示的细节是作为示例并且出于说明性讨论本发明的实施方式的目的。在这方面,结合附图进行的描述使得本领域技术人员清楚如何实践本发明的实施方式。

[0077] 现在将注意力转向附图,其中相同的附图标记或字符表示对应的或相同的部件。在附图中:

[0078] 图1是如上所述的用于近眼显示器的、采用部分反射表面的、现有技术的导光光学元件的示意性侧视图;

[0079] 图2是根据本发明的实施方式的具有图像投影仪的光学系统的示意性侧视图,该图像投影仪生成由光学耦合构造耦合到导光光学元件中的图像光;

[0080] 图3和图4是示出根据本发明的实施方式构造和操作的图像投影仪的等距视图;

[0081] 图5和图6分别是与图3和图4对应的等距视图,图5和图6以透明的方式示出了图像投影仪的中空机械体,以示出布置在该中空机械体内的图像投影仪的光学部件;

[0082] 图7和图8是分别与图3和图4对应的等距分解图,图7和图8示出了图像投影仪的部件;

[0083] 图9是图3的图像投影仪的光学部件的第一侧视图,图9示出了光学部件的部件之间的接合;

[0084] 图10是与图9对应的分解图,图10示出了光学部件的部件;

[0085] 图11是与图9对应的第二侧视图;

[0086] 图12是与图11对应的分解图,图12示出了光学部件的部件;

[0087] 图13是图像投影仪的组装的光学部件的俯视图;

[0088] 图14是与图5对应的俯视图,图14示出了在中空机械体内布置的组装的光学部件;

[0089] 图15和图16分别是通过图3的图像投影仪截取的中心竖直平面和中心水平平面的剖视图;

[0090] 图17是根据本发明的实施方式的图3和图4的图像投影仪的俯视图,图3和图4的图像投影仪光学耦合到导光光学元件和被实现为板的光学耦合构造;

[0091] 图18是与图17对应的仰视图;

[0092] 图19是发射图像光和光学部件的光学部件的光学功率施加部分的微型显示装置的剖视图,并且示意性地示出了来自微型显示装置的光穿过光学部件的光学部件的行进;

[0093] 图20和图21是分别从第一透镜的前侧和后侧截取的、示出根据图像投影仪的非限制性实施方式的光学部件的第一透镜的等距视图;

[0094] 图22和图23是分别从第二透镜的前侧和后侧截取的、示出根据图像投影仪的非限制性实施方式的光学部件的第二透镜的等距视图;

[0095] 图24和图25是分别从第三透镜的前侧和后侧截取的、示出根据图像投影仪的非限制性实施方式的光学部件的第三透镜的等距视图;

[0096] 图26和图27是分别从第四透镜的前侧和后侧截取的、示出根据图像投影仪的非限制性实施方式的光学部件的第四透镜的等距视图;

[0097] 图28和图29是分别从基本光学部件的前侧和后侧截取的、示出根据图像投影仪的

非限制性实施方式的光学部件的基本光学部件的等距视图；

[0098] 图30和图31是分别从中空机械体的前部和后部截取的、示出用于保持根据图像投影仪的非限制性实施方式的光学部件的中空机械体的等距视图；

[0099] 图32是从中空机械体的宽端截取的、与图31对应的平面图；

[0100] 图33是根据本发明的实施方式的具有图像投影仪的光学系统的示意性侧视图,该图像投影仪生成由光学耦合构造耦合到导光光学元件中的图像光,该光学耦合构造被实现为具有用于减少重影图像的反射表面的板；

[0101] 图34是图33的一部分的放大图,图34示出一些图像光线从板的反射表面反射从而被耦合到导光光学元件中,并且一些图像光线被板的边缘吸收；

[0102] 图35是根据本发明的实施方式的具有图像投影仪的光学系统的示意性侧视图,该图像投影仪生成由光学耦合构造耦合到导光光学元件中的图像光,该光学耦合构造被实现为用于减少重影的反射表面和部分反射表面；以及

[0103] 图36是图35的一部分的放大图,图36示出一些图像光线被部分反射表面透射从而被耦合到导光光学元件中,而一些图像光线被部分反射表面反射从而耦出导光光学元件。

具体实施方式

[0104] 本发明是具有导光光学元件和紧凑型图像投影仪的光学系统以及用于构造紧凑型图像投影仪的方法。

[0105] 参照说明书附图,可以更好地理解根据本发明的光学系统和方法的原理和操作。

[0106] 在详细说明本发明的至少一个实施方式之前,应理解,本发明不一定将其应用限于以下描述中阐述的和/或在附图和/或示例中示出的部件和/或方法的构造和布置的细节。本发明能够具有其他实施方式或者能够以各种方式实践或执行。首先,遍及本文献,对例如诸如顶和底、上和下、前和后等的方向进行参考。这些方向性参考是示例性的,仅用于说明本发明及其实施方式。

[0107] 现在参照附图,图2示出了根据本发明的实施方式构造和操作的光学系统,该光学系统总体上由附图标记40标记。一般而言,光学系统40包括:L0E 50;与L0E 50的耦合区域相关联的光学耦合构造42;以及与光学耦合构造42和L0E 50相关联的图像投影光学布置(在下文中称为图像投影仪)100。在更详细地描述光学系统40及其各种部件和子部件的结构和操作之前,首先要注意的是,本发明涵盖了本身各自具有创新意义的许多不同的方面。本发明的一个方面涉及图像投影仪100的部件的结构,并且涉及图像投影仪100的构造(制造)。本发明的另一个方面涉及用于减少重影图像和/或杂散光线的出现的图像投影仪100的光学部件的设计(并且在某些实施方式中涉及保持光学部件的中空机械体的设计)。本发明的另一个方面涉及具有反射型光学耦合构造的图像投影仪100的使用,其减少了重影图像和/或杂散光线的出现。本发明的另一个方面涉及图像投影仪的特定部件,当该特定部件与反射型光学耦合构造结合使用时,补偿由L0E 50和/或光学耦合构造引入的色差的影响。在根据本发明的一个或更多个方面的某些实施方式中,图像投影仪100还可以与L0E 50的一部分相关联。本文提出的本发明的各个方面具有独立的效用,并且相信当本发明的某些方面彼此结合使用时,具有特定的协同作用。

[0108] 现在转到图2所示的L0E 50的结构细节,注意到L0E 50总体类似于图1的L0E 10。

LOE 50由透明材料制成(即,LOE为透光基板),并且具有用于通过内反射(优选地为全内反射)来引导光的一对平面的平行的面(可互换地称为“主外表面”)52a、面52b。LOE 50被布置成平行面之一52b与眼睛68面对,其中眼睛68位于与表面52b相距 ER_{72} 处的EMB 70中。图像54(在这里由包括跨越光束的样本光线54a和样本光线54b的照射光束54示意性地表示)通过来自面52a、面52b的重复内反射而沿着基板传播,从而入射在与LOE 50相关联的光学耦出构造上,该光学耦出构造被实现为以与平行的面52a、面52b成倾斜角度布置在LOE 50内的一系列平行的部分反射表面62,其中图像强度的一部分被反射,从而以光线64a和64b朝向眼睛68的瞳孔66耦出LOE 50(基板)。注意,部分反射表面62仅示出了适用于LOE 50的一个非限制性光学耦出构造,并且其他光学耦合构造可以用于将图像光耦出LOE 50。光学耦出构造可以是使通过内反射在LOE 50内传播的图像的一部分偏转到一定角度以使偏转的图像的一部分离开LOE 50的任何光学耦合布置。这种合适的光学耦合布置的其他示例包括但不限于布置在面52a、面52b中的任何一个上的一个或更多个衍射光学元件。

[0109] 图像54由图像投影仪100生成,并且由光学耦入构造42注入(耦合)到LOE 50中。与通常采用反射型显示装置(例如,LCoS)或者透射型显示装置(例如,LCD)来生成图像光的图1的图像投影仪11相比,本发明的图像投影仪100采用用于生成要耦合到LOE 50中的图像光的发射显示装置。在优选实施方式中,耦入光学构造42利用反射表面将图像光波耦合到LOE 50中。在图2中,反射表面可以被实现为施加到LOE 50的倾斜于主表面52a、52b的倾斜边缘(表面)56的反射涂层。如将进一步详细讨论的,根据本发明的一个方面的某些实施方式将反射型耦入光学构造用于图像投影仪100,以减少重影图像从而改进耦出LOE 50的图像质量。然而,本发明的图像投影仪100可以与楔型耦入光学构造(例如图1的楔形件16)一起布置。

[0110] 现在共同地转向图3至图32,图3至图32示出了根据本发明的某些方面的实施方式的图像投影仪100(在光学系统中或者本身也是光学系统)及其对应部件的各种视图。一般而言,图像投影仪100包括:中空机械体102(由于其通常的筒状形状,也被称为“筒”);布置在筒102内的光学组件160;微型显示装置136;以及盖构件146。图3和图4是示出组装的图像投影仪100的不同等距视图,图5、图6和图14是示出组装的图像投影仪100的各种视图,其中筒102被示出为透明的,以更清楚地示出光学组件160在筒102内的布置。

[0111] 特别地参照图7、图8和图30至图32,筒102具有相对的开口端104、开口端106,其中一端104的开口通常大于另一端106的开口。这些端104、端106可以互换地称为宽端104和窄端106。筒102包括多个表面,所述多个表面包括一对弯曲的外表面108a、外表面108b(分别称为上外表面和下外表面)以及一对相对的平面(或接近平面)的外表面110a、外表面110b。在某些非限制性实施方式中,表面110a、表面110b彼此平行。在其他非限制性实施方式中,表面110a、表面110b彼此不平行并且在从窄端106向宽端104移动时逐渐变细。第五表面118被形成在窄端106处,并且形成容纳部120的一部分,该容纳部120被配置成容纳微型显示装置136。在某些优选但非限制性的实施方式中,筒102由对于由微型显示装置136发射的光波不透明的材料构造而成。

[0112] 微型显示装置136是包括发射显示器138的发射显示装置,微型显示装置136可以被实现为例如有机发光二极管(organic light emitting diode,OLED)显示装置、微型LED显示装置或者可以在不使用诸如背灯或前灯之类的外部光源的情况下生成图像光的任何

其他自身发光的微型显示装置。尽管在附图中未示出,但是微型显示装置136可以包括偏振器作为发射显示器138的一部分,以产生偏振图像光波。在某些实施方式中,电子接口元件142在其一端处电连接到发射显示器138,并且从发射显示器138横向延伸。电子接口元件142包括电连接器或者可以用于提供到电连接器的电子接口,该电连接器例如被实现为电缆或线束(例如,带状电缆)或者能够在电子部件之间提供电子和/或数据连接从而在发射显示器138与一个或更多个电子元件之间提供电连接的任何其他类型的连接器,所述一个或更多个电子元件包括但不限于电源装置、显示驱动器电子装置、一个或更多个计算机存储装置(例如,诸如易失性或非易失性存储器的存储器)和/或一个或更多个计算机处理器,所述处理器例如被实现为微处理器、微控制器、现场可编程门阵列(field-programmable gate array,FPGA)、数字信号处理器(digital signal processor,DSP)、专用集成电路(application-specific integrated circuit,ASIC)、现场可编程逻辑阵列(field-programmable logic array,FPLA)等。

[0113] 外表面108a、外表面108b通常是倾斜的或弯曲的,使得筒102沿着外表面108a、外表面108b从宽端104至窄端106逐渐变细。另外,由于在端部104、端部106处的开口尺寸的差异,表面110a、表面110b通常也从宽端104至窄端106逐渐变细。筒102的内(即,内部)侧壁的部分形成内侧壁构造128,该内侧壁构造128包括多个区域,包括在筒102的与上外表面108a相对的内部部分上的两个上区域130a、上区域132a以及在筒102的与下外表面108b相对的内部部分上的两个下区域130b、下区域132b。区域132a、区域132b的斜率(曲率)大于区域130a、区域130b的斜率(曲率),以对应于筒102在区域132a、区域132b处逐渐变细的程度。筒102还包括与外表面110a、外表面110b相对的内侧壁134a、内侧壁134b。

[0114] 现在转到图7至图12,光学组件160包括多个光学部件(也称为光学元件),所述光学部件包括一组透镜光学元件(即,透镜)即透镜200、透镜300、透镜400、透镜500和基部光学元件600(可互换地称为“基部”)。尽管在此示出了四个透镜,但是图像投影仪100的使用少于四个的透镜或者多于四个的透镜的其他配置是可能的。如将要讨论的,透镜200、透镜300、透镜400、透镜500协作以执行各种光学功能,包括减少色差和/或球差、减少图像尺寸、准直等。

[0115] 如图5、图6、图9、图10和图13至图16所示,光学组件160的光学部件200、光学部件300、光学部件400、光学部件500、光学部件600以堆叠构造布置。堆叠构造被布置成使得光学部件200、光学部件300、光学部件400、光学部件500被定位在筒102的中空部分(即内侧)内,如图5、图6以及图14至图16所示,并且透镜200被定位在堆叠构造的在筒102的窄端106处或附近的一端处,并且基部600被定位在堆叠构造的在筒102的宽端104处或附近的另一端处。基部600也被布置在筒102的中空部分内。

[0116] 如以下将更详细讨论的,光学组件160的光学部件200、光学部件300、光学部件400、光学部件500、光学部件600中的每一个具有一组接合构造,该接合构造由一个或更多个表面、凹槽、倾斜凹槽、边缘、倾斜边缘、表面区段或者或其他类似类型的机械结构的布置形成。在本实施方式中,一些光学部件具有一组两个接合构造,而其他光学部件具有一组四个接合构造。特别地,在堆叠构造的一端处的光学部件200具有布置在光学部件的后侧上的一对接合构造。在堆叠构造的另一端处的光学部件600具有布置在光学部件的前侧上的第一对接合构造以及从光学部件的相应的上表面和下表面向上和向下突出的第二对接合构

造。堆叠构造中的其余光学部件(即,定位在堆叠构造的两端处的光学部件200、光学部件600之间的光学部件300、光学部件400、光学部件500)均具有布置在堆叠构造的前侧上的第一对接合构造以及布置在光学部件的后侧上的第二对接合构造。对于堆叠构造中的每对相邻光学部件,该对中的每个光学部件的至少一些接合构造被对应地配置成彼此接合。换言之,该对中的第一光学部件的至少一些接合构造被配置成与该对中的第二光学部件的至少一些接合构造接合,并且该对中的第二光学部件的至少一些接合构造被配置成与该对中的第一光学部件的至少一些接合构造接合。成对的相邻光学部件的这些接合构造被对应地构造,并且彼此接合以促进相邻光学部件之间的互锁接合。相邻光学部件之间的互锁接合是机械接合,这意味着在光学部件之间不使用粘合剂来使光学组件160的光学部件互连。

[0117] 基部光学元件600由对由微型显示装置136发出的光波透明的材料形成(即,基部600是透光的)。基部600既执行光学功能又执行机械功能,特别地,基部600的一些接合构造还被配置成与堆叠构造中的相邻光学部件(例如,光学部件500)接合,而基部600的其余接合构造被配置成与筒102的位于宽端104处的对应接合构造接合。基部600与筒102之间的接合使得基部600能够将透镜200、透镜300、透镜400、透镜500保持在筒102内。将在本公开内容的后续部分中详细描述由基部600执行的光学功能。

[0118] 现在将首先参照图7至图12以及图20至图29更详细地描述光学组件160的光学部件的结构和一般光学功能。通常,透镜200、透镜300、透镜400、透镜500中的每一个被形成单个整体构件,其包括由两个部分:向入射光施加光功率的透镜部分,该透镜部分为一对光学表面以及光学表面之间(即由光学表面界定)的光学区域的形式;以及用于将透镜与基部600相连和附接在一起的一个或多个附接部分(具有接合构造)。基部600还被形成包括以下两个部分的单个整体构件:用于改变入射光的行进角度(对于每个波长略有不同)的光功率施加部分(为一对光学表面以及光学表面之间(即由光学表面界定)的光学区域的形式);以及用于将透镜500与筒102接合并且将光学组件160附接到LOE 50和/或光学耦合构造42的附接部分(具有接合构造)。

[0119] 如将要讨论的,对于光学组件160的每个光学部件,该光学部件的光学表面位于光学部件的被称为前侧和后侧的相对侧上。在本文的上下文中,光学组件160的光学部件的前侧通常是指光学部件的最靠近筒102的窄端106(并且等效地,最靠近微型显示装置136,距筒102的宽端104最远,并且距LOE 50的主表面52b最远)的一侧。同样在本文的上下文中,光学组件160的光学部件的后侧(也称为“尾侧”)通常是指光学部件的最靠近筒102的宽端104(并且等效地,最靠近LOE 50的主表面52b,距筒102的窄端106最远,并且距微型显示装置136最远)的一侧。

[0120] 继续参照图7至图12以及图20至图29,特别地参照图20和图21,透镜200包括分别在透镜200的前侧和后侧上的两个大致相对的光学表面即光学表面202、光学表面204。在该非限制性示例实施方式中,表面202是凹面并且表面204是凸面,并且表面202、表面204二者的表面轮廓都是非球面的。本文考虑了其他表面轮廓,包括例如球形。透镜的表面轮廓可以取决于各种因素,包括例如图像投影仪的特定应用、光学组件中的透镜数目以及制造透镜的材料。表面202相对于透镜200的前侧上的大体上平坦的表面210是凹入的。表面210包括上表面部分212a和下表面部分212b。表面202、表面204与一对侧表面即侧表面206、侧表面208的一部分一起总体上限定了透镜200的将光功率施加到来自微型显示装置136的入射光

的透镜部分。当作为图像投影仪100的一部分布置时,表面202与微型显示装置136成相对关系。透镜200通常被配置成物镜,其执行各种光学功能,包括用于减少由微型显示装置136生成的图像的尺寸和/或抵消场弯曲像差的影响的功能。

[0121] 透镜200具有一对腿即腿214a、腿214b(或“分支”),腿朝向透镜200的后侧延伸并且从透镜200的相对外围部分向外延伸。在附图所示的光学组件160的非限制性取向中,腿214a、腿214b从透镜200的相应的上外围部分和下外围部分延伸(因此在本上下文中可以称为“上腿”214a和“下腿”214b)。腿214a、腿214b通常在图20和图21的取向上沿着竖直轴从透镜200的中心向外张开,从而大体上对应于筒102的内侧壁构造128的区域132a、区域132b的曲率或斜率,如图15所示的截面视图所示。腿214a、腿214b通常是襟翼型结构,具有从透镜200的上外围部和下外围部切向向外延伸的主弯曲表面216a、主弯曲表面216b。侧表面206、侧表面208通常在图20和图21的取向上沿着水平轴从透镜200的中心向外张开,使得表面216a、表面216b在透镜200的俯视(和底视)图中形成等腰梯形形状,如图13和图14所示。

[0122] 腿214a、腿214b在透镜200后侧的上部和下部处的对应的终止区域218a、终止区域218b处终止。终止区域218a、终止区域218b的部分形成透镜200的相应的上接合构造226a和下接合构造226b。终止区域218a、终止区域218b包括对应的倾斜边缘220a、倾斜边缘220b。倾斜边缘220a由一对(优选地为共面的)表面222a、表面224a形成,并且倾斜边缘220b由一对表面222b、表面224b形成。注意,表面224a也与腿214a的主上弯曲表面216a形成边缘,并且表面224b也与腿214b的主下弯曲表面216b形成边缘。倾斜边缘220a、倾斜边缘220b(以及形成倾斜边缘220a、倾斜边缘220b的表面222a、表面224a和表面222b、表面224b)形成透镜200的接合构造226a、接合构造226b,并且被配置成与透镜300的对应接合构造接合。弯曲表面216a、弯曲表面216b在至少一个维度上,特别是在跨越表面206、表面208之间的维度上具有弧形轮廓(即,具有弧形形状)。倾斜边缘220a、倾斜边缘220b在与表面216a、表面216b的弧形轮廓相同的维度上也具有弧形轮廓。因此,(分别形成倾斜边缘220a和倾斜边缘220b的)表面222a、表面224a和表面222b、表面224b在与倾斜边缘220a、倾斜边缘220b的弧形轮廓相同维度上也具有弧形轮廓。

[0123] 当被插入筒102中时,透镜200被布置成使得共面的上表面部分212a和下表面部分212b接触(或紧邻)筒102的内侧壁(表面)126,该内侧壁126通常与外表面118相对。

[0124] 透镜200还包括分别由附图标记131和附图标记133标记的一对侧边缘。边缘131由表面206、表面210相交形成,边缘133由表面208、表面210相交形成。边缘131、边缘133在相对的端部处被表面216a、表面216b终止,以形成相应的终止角区域。在某些实施方式中,边缘131、边缘133(和/或终止角区域)可以用于约束或限制透镜200(和光学组件160的其他透镜)在筒102内的旋转。

[0125] 继续参照图7至图12以及图20至图29,特别地参照图22和图23,透镜300包括分别在透镜300的前侧和后侧的两个大致相对的光学表面302、光学表面304。透镜300被布置成表面302与透镜200的表面204成面对关系。表面302、表面304连同一对侧表面306、侧表面308一起大体限定了透镜300的将光功率施加到入射光的透镜部分。在该非限制性示例实施方式中,透镜300是双凸透镜,并且表面302、表面304两者的表面轮廓都是非球面的。然而,可以看出,表面304的曲率度明显大于表面302的曲率度。如将要讨论的,透镜300与透镜400一起操作以像消色差双合透镜那样起作用,从而减少色差的影响。

[0126] 透镜300具有从透镜300的相对的外围部分向外延伸的一对腿310a、腿310b(或“分支”)。在图中所示的光学组件160的非限制性取向中,腿310a、310b从透镜300的相应的上外围部分和下外围部分延伸(因此可以在该上下文中称为“上腿”310a和“下腿”310b)。腿310a和腿310b通常是襟翼型结构,具有从透镜300的上外围部分和下外围部分切向向外延伸的主弯曲表面312a、主弯曲表面312b。侧面306、侧面308通常在图22和图23的取向上沿水平轴从透镜300的中心向外张开,使得表面312a、表面312b在透镜300的俯视图(和仰视图)中形成等腰梯形形状,如图13和图14所示。

[0127] 腿310a通常在两个相对的方向上延伸(一个朝向透镜200,另一个朝向透镜400),并且在两个终止区域即终止区域314a、终止区域324a处终止。类似地,腿310b通常在两个相对的方向上延伸(一个朝向透镜200,另一个朝向透镜400),并且在两个终止区域即终止区域314b、终止区域324b处终止。终止区域314a、终止区域314b被形成在透镜300的前侧的相应的上部和下部上,终止区域324a、终止区域324b被形成在透镜300的后侧的相应的上部和下部上。

[0128] 终止区域314a、终止区域314b的一部分形成透镜300的相应的上第一接合构造336a和下第一接合构造336b,这些接合构造被配置成与透镜200的对应接合构造226a、接合构造226b接合。终止区域314a、终止区域314b包括对应的倾斜凹槽316a、倾斜凹槽316b。倾斜凹槽316a由形成在透镜300的前侧上的一对表面318a、表面320a形成,并且倾斜凹槽316b由一对表面318b、表面320b形成。表面318a、表面318b优选地为共面的表面。倾斜凹槽316a、倾斜凹槽316b在至少一个维度上,特别是在跨越表面306、表面308之间的维度上具有弧形轮廓(即,具有弧形形状)。因此,(分别形成倾斜凹槽316a和倾斜凹槽316b的)表面318a、表面320a和表面318b、表面320b在与倾斜凹槽316a、倾斜凹槽316b的弧形轮廓相同的维度上也具有弧形轮廓。

[0129] 倾斜凹槽316a、倾斜凹槽316b(以及形成倾斜凹槽316a、倾斜凹槽316b的表面318a、表面320a、表面318b、表面320b)形成透镜300的上第一接合构造336a和下第一接合构造336b,并且配置成与透镜200的对应的接合构造226a、接合构造226b接合。特别地,倾斜凹槽316a的弧形轮廓与倾斜边缘220a的弧形轮廓匹配,并且倾斜边缘220a被配置成装配在倾斜凹槽316a中,使得表面222a和表面224a的部分分别接触表面318a和表面320a的部分。同样地,倾斜凹槽316b的弧形轮廓与倾斜边缘220b的弧形轮廓匹配,并且倾斜边缘220b被配置成装配在倾斜凹槽316b中,使得表面222b和表面224b的部分分别接触表面318b和表面320b的部分。在本文的上下文中,如果两个表面的部分彼此齐平放置,则称这些部分是接触的。两个表面之间的这种接触也可以被认为是彼此抵接的两个表面。这些表面彼此接触的区域在本文中称为界面区域。

[0130] 注意,在该非限制性示例配置中,终止区域314a、终止区域314b中的每一个包括分别由附图标记322a、附图标记332a和附图标记322b、附图标记332b来标记的两对边缘。边缘322a由表面328a、表面306相交形成,并且边缘332a由表面328a、表面308相交形成。表面328a是具有弧形轮廓的大体上平坦的表面,其与表面320a和表面312a二者共享边缘。类似地,边缘322b由表面328b、表面306相交形成,并且边缘332b由表面328b、表面308相交形成。表面328b是具有弧形轮廓的大体上平坦的表面(与表面328a共面),其与表面320b和表面312b二者共享边缘。

[0131] 边缘322a、边缘332a在上端处被表面312a终止以形成相应的终止角区域。类似地,边缘322b、边缘332b在下端处由表面312b终止以形成相应的终止角区域。在某些实施方式中,边缘322a、边缘332a、边缘322b、边缘332b(和/或终止角区域)可以用于约束或限制透镜300(和光学组件160的其他透镜)在筒102内的旋转。

[0132] 终止区域324a、终止区域324b的部分形成透镜300的相应的上第二接合构造338a和下第二接合构造338b,这些接合构造被配置成与透镜400的对应接合构造接合。终止区域324a、终止区域324b包括对应的倾斜边缘326a、倾斜边缘326b。倾斜边缘326a由一对表面330a、表面334a形成,并且倾斜边缘326b由一对表面330b、表面334b形成。表面330a、表面330b优选地为共面的表面,并且被形成在透镜300的后侧上。倾斜边缘326a、倾斜边缘326b(以及形成倾斜边缘326a、倾斜边缘326b的表面330a、表面334a、表面330b、表面334b)形成透镜300的上第二接合构造338a和下第二接合构造338b,并且被配置成与透镜400的对应接合构造接合。倾斜边缘326a、倾斜边缘326b在至少一个维度上,特别是在跨越表面306、表面308之间的维度上具有弧形轮廓(即,具有弧形形状)。因此,(分别形成倾斜边缘326a和倾斜边缘326b的)表面330a、表面334a和表面330b、表面334b在与倾斜边缘326a、倾斜边缘326b的弧形轮廓相同的维度上也具有弧形轮廓。注意,在该非限制性示例配置中,表面334a也与腿310a的主上表面形成边缘(倾斜边缘),并且表面334b也与腿310b的主下表面形成边缘(倾斜边缘)。

[0133] 继续参照图7至图12以及图20至图29,特别是参照图24和图25,透镜400包括分别在透镜400的前侧和后侧上的两个大致相对的光学表面402、光学表面404。透镜400被布置成表面402与透镜300的表面304成面对关系。表面402、表面404与一对侧表面406、侧表面408一起总体限定了透镜400的将光功率施加到入射光的透镜部分。在该非限制性示例实施方式中,透镜400是凹凸的(即,表面402是凹的,并且表面404是凸的),并且表面402和表面404的表面轮廓分别是非球面和球面。如所提及的,在本示例中,透镜400与透镜300一起工作以像消色差双合透镜那样起作用,从而减少色差的影响。优选地,表面304、表面402虽然不是彼此相同的倒置版本,但是通常被对应地配置成使得表面304通常装配在由表面402产生的凹陷内。

[0134] 透镜400具有从透镜400的相对外围部分向外延伸的一对腿410a、腿410b(或“分支”)。在图中所示的光学组件160的非限制性取向中,腿410a、腿410b从透镜400的相应的上外围部分和下外围部分延伸(因此可以在本上下文中称为“上腿”410a和“下腿”410b)。腿410a、腿410b总体上是襟翼型结构,具有从透镜400的上外围部分和下外围部分切向向外延伸的主弯曲表面412a、主弯曲表面412b。弯曲表面412a、弯曲表面412b在至少一个维度上,特别是在表面406、408之间的维度上具有弧形轮廓(即,具有弧形形状)。侧面406、侧面408通常在图24和图25的取向上沿着水平轴从透镜400的中心向外张开,使得表面412a、表面412b在透镜400的俯视图(和仰视图)中形成等腰梯形形状,如图13和图14所示。

[0135] 腿410a通常在两个相对的方向上延伸(一个朝向透镜300,另一个朝向透镜500),并且在两个终止区域即终止区域414a、终止区域428a处终止。类似地,腿410b通常在两个相对的方向上延伸(一个朝向透镜300,另一个朝向透镜500),并且在两个终止区域即终止区域414b、终止区域428b处终止。在图像投影仪100的本非限制性示例配置中,腿410a、腿410b在朝向透镜500的方向上比在朝向透镜300的方向上延伸地更远。终止区域414a、终止区域

414b被形成在透镜400的前侧的相应的上部和下部上,并且终止区域428a、终止区域428b被形成在透镜400的后侧的相应的上部和下部上。

[0136] 终止区域414a、终止区域414b的部分形成透镜400的对应的上第一接合构造436a和下第一接合构造436b,这些接合构造被配置成与透镜300的对应的接合构造338a、接合构造338b接合。终止区域414a、终止区域414b包括对应的倾斜凹槽416a、倾斜凹槽416b。倾斜凹槽416a由一对表面418a、表面420a形成,并且倾斜凹槽416b由一对表面418b、表面420b形成。表面418a、表面418b优选地为共面的表面,并且被形成在透镜400的前侧上。倾斜凹槽416a、倾斜凹槽416b在至少一个维度上,特别是在跨越表面406、408的维度上具有弧形轮廓(即,具有弧形形状)。因此,(分别形成倾斜凹槽416a和倾斜凹槽416b的)表面418a、表面420a和表面418b、表面420b在与倾斜凹槽416a、倾斜凹槽416b的弧形轮廓相同的相同维度上也具有弧形轮廓。

[0137] 倾斜凹槽416a、倾斜凹槽416b(以及形成倾斜凹槽416a、倾斜凹槽416b的表面418a、表面420a、表面418b、表面420b)形成透镜400的第一接合构造436a、第一接合构造436b,并且被配置成与透镜300的对应的接合构造338a、接合构造338b接合。特别地,倾斜凹槽416a的弧形轮廓与倾斜边缘326a的弧形轮廓匹配,并且倾斜边缘326a被配置成装配在倾斜凹槽416a中,使得表面330a和表面334a的一部分分别接触表面418a和表面420a的一部分。同样地,倾斜凹槽416b的弧形轮廓与倾斜边缘326b的弧形轮廓匹配,并且倾斜边缘326b被配置成装配在倾斜凹槽416b中,使得表面330b和表面334b的一部分分别接触表面418b和表面420b的一部分。

[0138] 注意,在该非限制性示例配置中,每个终止区域414a、终止区域414b包括分别由附图标记422a、附图标记424a和附图标记422b、附图标记424b标记的两对边缘。边缘422a由表面426a、表面406相交形成,并且边缘424a由表面426a、表面408相交形成。表面426a是终止区域414a的与表面420a形成边缘(倾斜边缘)的另一表面。类似地,边缘422b由表面426b、表面406相交形成,边缘424b由表面426b、表面408相交形成。表面426b是终止区域414b的与表面420b形成边缘(倾斜边缘)的另一表面。表面426a、表面426b优选地为共面的表面,并且被形成在透镜400的前侧上。

[0139] 边缘422a、边缘424a在上端处被表面412a终止,以形成相应的终止角区域。类似地,边缘422b、边缘424b在下端处被表面412b终止,以形成相应的终止角区域。在某些实施方式中,边缘422a、边缘424a、边缘422b、边缘424b(和/或终止角区域)可以用于约束或限制透镜400(和光学组件160的其他透镜)在筒102内的旋转。

[0140] 终止区域428a、终止区域428b的部分形成透镜400的相应的上第二接合构造438a和下第二接合构造438b,这些接合构造被配置成与透镜500的对应接合构造接合。终止区域428a、终止区域428b包括对应的倾斜边缘430a、倾斜边缘430b。倾斜边缘430a、倾斜边缘430b由对应的成对的表面432a、表面434a和表面432b、表面434b形成。表面432a、表面432b优选地为共面的表面,并且被形成在透镜400的后侧上。倾斜边缘430a、倾斜边缘430b(以及形成倾斜边缘430a、倾斜边缘430b的表面432a、表面434a、表面432b、表面434b)形成透镜400的上第二接合构造438a和下第二接合构造438b,并且被配置成与透镜500的对应的接合构造接合。倾斜边缘430a、倾斜边缘430b在至少一个维度上,特别是在跨越表面406、表面408之间的维度上具有弧形轮廓(即,具有弧形形状)。因此,(分别形成倾斜边缘430a和倾斜

边缘430b的)表面432a、表面434a和表面432b、表面434b在与倾斜边缘430a、倾斜边缘430b的弧形轮廓相同的维度上也具有弧形轮廓。

[0141] 继续参照图7至图12以及图20至图29,并且特别地参照图26和图27,透镜500包括分别在透镜500的前侧和后侧上的两个大致相对的光学表面502、504。透镜500被布置成表面502与透镜400的表面404面对。表面502、504与一对侧表面506、508一起总体上限定了透镜500的将光功率施加到入射光的透镜部分。在该非限制性示例实施方式中,透镜500是双凸的,并且表面502和504的表面轮廓分别是非球面和球面。透镜200通常被配置成准直透镜,并且通过对由微型显示装置136产生的图像光进行准直来执行光学部件160的主要准直功能。

[0142] 透镜500具有从透镜500的相对外围部分向外延伸的一对腿510a、510b(或“分支”)。在图中所示的光学部件160的非限制性取向中,腿510a、510b从透镜500的相应的上外围部分和下外围部分延伸(因此可以在本上下文中称为“上腿”510a和“下腿”510b)。腿510a、510b通常是襟翼型结构,具有从透镜500的上外围部分和下外围部分切向向外延伸的主弯曲表面512a、512b。弯曲表面512a、512b在至少一个维度上,特别是在跨越表面506、508之间的维度上具有弧形轮廓(即,具有弧形形状)。侧面506、508通常沿图26和图27的取向从透镜500的中心沿着水平轴向外张开,使得表面512a、512b在透镜500的俯视图(和仰视图)中形成等腰梯形形状,如图13和图14所示。

[0143] 腿510a通常在两个相对的方向上延伸(一个朝向透镜400,另一个朝向基部600),并且在两个终止区域即终止区域514a、终止区域524a处终止。类似地,腿510b通常在两个相对的方向上延伸(一个朝向透镜400,另一个朝向基部600),并且在两个终止区域即终止区域514b、终止区域524b处终止。在图像投影仪100的本非限制性示例配置中,腿510a、腿510b在朝向基部600的方向上比在朝向透镜400的方向上延伸地更远。终止区域514a、终止区域514b被形成在透镜500的前侧的相应的上部分和下部分上,并且终止区域524a、分别524b被形成在透镜500的后侧的相应的上部分和下部分上。

[0144] 终止区域514a、终止区域514b的部分形成透镜500的相应的上第一接合构造536a和下第一接合构造536b,这些接合构造被配置成与透镜400的对应的接合构造438a、接合构造438b接合。终止区域514a、终止区域514b包括对应的倾斜凹槽516a、倾斜凹槽516b。倾斜凹槽516a由一对表面518a、表面520a形成,并且倾斜凹槽516b由一对表面518b、表面520b形成。表面518a、表面518b优选地为共面的表面,并且被形成在透镜500的前侧上。倾斜凹槽516a、倾斜凹槽516b在至少一个维度上,特别是在跨越表面506、表面508之间的维度上具有弧形轮廓(即,具有弧形形状)。因此,(分别形成倾斜凹槽516a和倾斜凹槽516b的)表面518a、表面520a和表面518b、表面520b在与倾斜凹槽516a、倾斜凹槽516b的弧形轮廓相同的维度上也具有弧形轮廓。

[0145] 倾斜凹槽516a、倾斜凹槽516b(以及形成倾斜凹槽516a、倾斜凹槽516b的表面518a、表面520a、表面518b、表面520b)形成透镜500的第一接合构造536a、第一接合构造536b,并且被配置成与透镜400的对应的接合构造438a、接合构造438b接合。特别地,倾斜凹槽516a的弧形轮廓与倾斜边缘430a的弧形轮廓匹配,并且倾斜边缘430a被配置成装配在倾斜凹槽516a中,使得表面432a和表面434a的一部分分别接触表面518a和表面520a的一部分。同样地,倾斜凹槽516b的弧形轮廓与倾斜边缘430b的弧形轮廓匹配,并且倾斜边缘430b

被配置成装配在倾斜凹槽516b中,使得表面432b和表面432b的一部分分别接触表面518b和表面520b的一部分。

[0146] 注意,在该非限制性示例配置中,终止区域514a、终止区域514b中的每一个包括分别由附图标记522a、附图标记526a和附图标记522b、附图标记526b标记的两对边缘。边缘522a由表面532a、表面506相交形成,并且边缘526a由表面532a、表面508相交形成。表面532a是形成在透镜500的前侧上的大体上平坦的表面,并且具有与表面520a和表面512a共享边缘的弧形轮廓。类似地,边缘522b由表面532b、表面506相交形成,并且边缘526b由表面532b、表面508相交形成。表面532b是形成在透镜500的前侧上的大体上平坦的表面(与表面532a共面),并且具有与表面520b和表面512b二者共享边缘的弧形轮廓。

[0147] 边缘522a、边缘526a在上端处由表面512a终止以形成相应的终止角区域。类似地,边缘522b、边缘526b在下端处由表面512b终止以形成终止角区域。在某些实施方式中,边缘522a、边缘526a、边缘522b、边缘526b(和/或终止角区域)可以用于约束或限制透镜500(和光学组件160的其他透镜)在筒102内的旋转。

[0148] 终止区域524a、终止区域524b的一部分形成透镜500的相应的上第二接合构造538a和下第二接合构造538b,这些接合构造被配置成与基部600的对应接合构造接合。终止区域524a、终止区域524b包括对应的倾斜边缘528a、倾斜边缘528b。倾斜边缘528a、倾斜边缘528b由相应的成对的表面530a、表面534a和表面530b、表面534b形成。表面534a、表面534b优选地为共面的,并且被形成在透镜500的后侧上。倾斜边缘528a、倾斜边缘528b(以及形成倾斜边缘528a、倾斜边缘528b的表面530a、表面534a、表面530b、表面534b)形成透镜500的第二接合构造,并且被配置成与基部600的对应的接合构造接合。倾斜边缘528a、倾斜边缘528b在至少一个维度上,特别是在跨越表面506、表面508之间的维度上具有弧形轮廓(即,具有弧形形状)。因此,(分别形成倾斜边缘528a和倾斜边缘528b的)表面530a、表面534a和表面530b、表面534b在与倾斜边缘528a、倾斜边缘528b的弧形轮廓相同的维度上也具有弧形轮廓。

[0149] 如在图5、图6、图9、图10以及图13至图15中可以看到,光学部件200、光学部件300、光学部件400、光学部件500、光学部件600从前到后以堆叠构造布置,这意味着给定光学部件的前侧或后侧与堆叠中的相邻光学部件的前侧或后侧成面对关系。另外,透镜200、透镜300、透镜400、透镜500以嵌套构造布置。图13和图14示出了嵌套配置的特定特征,其中表面206、表面306、表面406、表面506和表面208、表面308、表面408、表面508位于两组平行平面中(即,表面206、表面306、表面406、表面506彼此平行,并且表面208、表面308、表面408、表面508彼此平行,并且倾斜于表面206、表面306、表面406、表面506的平面)。图5、图6、图9、图10和图15示出了嵌套构造的另一特定特征,其中,在从筒102的窄端106向宽端104移动时,透镜200、透镜300、透镜400、透镜500的腿通常逐渐向外扩展(即,透镜500的腿510a、腿510b扩展得比透镜400的腿410a、腿410b宽,透镜400的腿410a、腿410b扩展得比透镜300的腿310a、腿310b宽,透镜300的腿310a、腿310b扩展得比透镜200的腿214a、腿214b宽)。作为副产物,透镜200的相关终止区域的一部分装配在透镜300的相关终止区域的内部,透镜300的相关终止区域的一部分装配在透镜400的相关终止区域的内部,透镜400的相关终止区域的一部分装配在透镜500的相关终止区域的内部。透镜的腿的向外扩张程度的逐渐增加以及终止区域的各部分之间的装配促进光学组件160的透镜的主表面216a、主表面216b、

主表面312a、主表面312b、主表面412a、主表面412b、主表面512a、主表面512b处的整体轮廓,该总体轮廓通常对应于筒102的内部部分的轮廓(即,区域130a、区域130b、区域132a、区域132b)。

[0150] 在某些优选实施方式中,透镜200、透镜300、透镜400、透镜500中的每一个均关于光学组件160的中心光轴对称。在图13中,光轴是以透镜200、透镜300、透镜400、透镜500为中心的竖直轴(即,垂直于表面212a、表面212b、表面328a、表面328b、表面426a、表面426b、表面532a、表面532b并且穿过透镜200、300、400、500中的每一个的中心的轴)。观察在(图16所示的)平行于光轴的平面中截取的图像投影仪100的截面,透镜200、300、400、500是具有关于光轴的双重对称性的平面截断透镜。观察在(图15所示的)垂直于光轴的平面中截取的图像投影仪100的截面,可以看出,透镜200、透镜300、透镜400、透镜500不具有这种关于轴的对称性。实际上,如上所述,透镜200、透镜300、透镜400、透镜500中的每一个的成对的光学表面是不相同的(并且在大多数情况下具有不同的表面轮廓),这排除了具有这种对称性。透镜的光学表面的几何形状的变化导致每个透镜的纵横比显著不同于整体。在本文的上下文中,透镜的纵横比通常被定义为透镜宽度与透镜长度的比率,其中,长度被测量为大致透镜的腿之间的距离,而宽度被测量为大致透镜的一对侧面之间的距离。已经发现在图像投影仪100的输出处提供良好图像均匀性的特别合适的纵横比的范围对于透镜200、透镜300、透镜400、透镜500分别为0.3至0.5、0.1至0.3、0.3至0.5、0.1至0.35。

[0151] 继续参照图7至图12以及图20至图29,并且特别参照图28和图29,基部600包括分别在基部600的前侧和后侧上的两个平面光学表面即光学表面602、光学表面604。基部600被布置为表面602与透镜500的表面504成面对关系,并且表面604与LOE 50的主表面之一52b成面对关系。表面602优选地相对于(透镜200的)表面210和(筒102的)表面126具有倾斜角。

[0152] 基部600执行用于补偿或抵消由根据本发明的另一个方面的LOE 50和光学耦合构造42(例如,当被实现为反射型光学耦合构造时)引入的色差的光学功能,以及用于将光学组件160的透镜保持在筒102内的机械功能。

[0153] 将在此简要地讨论并且将在本公开内容的后续部分中更详细地讨论根据本发明的该方面的光学功能。作为介绍,色差是光学元件(例如棱镜)无法将所有颜色的光导向同一点的效应。光学元件的折射率相对于光的波长而变化,使得当白光撞击到光学元件上时,白光的各个颜色成分的波长被分散,从而使成分颜色在空间上分离。

[0154] 当布置LOE和光学耦合构造(例如,作为NED或HMD装置的一部分)时,LOE和光学耦合构造可以被定位成相对于观看者的眼睛具有倾斜角。在图1中可以部分地看出这一点,其中(耦合棱镜16和LOE 10的)表面17c和表面15相对于EMB 28具有倾斜角。尽管从图1中没有清楚地看出,但是主外表面12b也可以被定位成倾斜于EMB 28(俗称“面曲线”的现象)。在这种情况下,LOE和光学耦合构造展现出棱镜特性,可能会导致色差,从而由于FOV的非对称的耦合和耦合角度而使(通过光学耦合构造例如部分反射表面从LOE耦合出的)图像失真。另外,从图像投影仪发出的耦合LOE并且朝向眼睛耦合出的光波具有了色差。为了抵消色差,基部600的截面被设计为棱镜(或楔形)。这在图16和图19中示出,其中可以看到,表面604相对于表面602是倾斜的。在这种构造中,表面604被布置成平行于LOE 50的主表面52b,并且表面604(相对于表面602)的倾斜角(部分地)限定了图像投影仪100相对于LOE 50布置的总角

度。该图像投影仪的布置角度(在图17中由附图标记 θ_{proj} 来标记)被测量为光学组件160的透镜的中心光轴(在图17中是竖直轴,并且通常沿着微型显示装置136的平面的法线)与主外表面52b的平面之间的夹角。下面将更详细地描述基部600的用于抵消色差的光学功能的细节。通常要注意的是,与表面602、表面604相关联的前述倾斜角是相对于LOE 50设计的。

[0155] 现在继续对基部600的结构进行描述,一对平坦的侧面(侧壁)606、侧面608在表面602、表面604之间界定并且延伸。由于表面604相对于表面602的倾斜,侧面606通常比侧面608更宽(或更宽阔)。因此,表面606和表面608可以分别可互换地称为宽表面和窄表面。

[0156] 基部600通常包括位于基部600的相对端处的上外围部分610a和下外围部分610b。弯曲表面612a、弯曲表面612b形成外围部分610a、外围部分610b的外表面。这些弯曲表面612a、弯曲表面612b被称为“上弯曲表面”612a和“下弯曲表面”612b。弯曲表面612a、弯曲表面612b的曲率通常对应于筒102的区域130a、区域130b的曲率。平坦表面614a、平坦表面614b(优选地为共面的表面)被形成在外围部分610a、外围部分610b的前侧上。

[0157] 一对突起616a、突起616b从表面614a、表面614b向外延伸(在组装光学组件160时朝向透镜500的方向)。突起616a、突起616b可互换地称为“上突起”616a和“下突起”616b。突起616a、突起616b的一部分与表面614a、表面614b一起形成基部600的对应的上第一接合构造638a和下第一接合构造638b,这些接合构造被配置成与透镜500的对应的接合构造538a、接合构造538b接合。

[0158] 突起616a和突起616b分别由成对的表面618a、表面622a和表面618b、表面622b形成。一对倾斜凹槽620a和倾斜凹槽620b分别由成对的表面614a、表面618a和表面614b、表面618b形成。倾斜凹槽620a、倾斜凹槽620b在至少一个维度上,特别是在跨越表面606、表面608之间的维度上具有弧形轮廓(即,具有弧形形状)。因此,(分别形成倾斜凹槽620a和倾斜凹槽620b的)表面614a、表面618a和表面614b、表面618b在与倾斜凹槽620a、倾斜凹槽620b的弧形轮廓相同的维度上也具有弧形轮廓。

[0159] 倾斜凹槽620a、倾斜凹槽620b(以及形成倾斜凹槽620a、倾斜凹槽620b的表面614a、表面618a、表面614b、表面618b)形成基部600的上第一接合构造638a和下第一接合构造638b,并且被配置成与透镜500的对应的接合构造538a、接合构造538b接合。特别地,倾斜凹槽620a的弧形轮廓与倾斜边缘528a的弧形轮廓匹配,并且倾斜边缘528a被配置成装配在倾斜凹槽620a中,使得表面530a和表面534a的一部分分别接触表面618a和表面614a的一部分。同样地,倾斜凹槽620b的弧形轮廓与倾斜边缘528b的弧形轮廓匹配,并且倾斜边缘528b被配置成装配在倾斜凹槽620b中,使得表面530b和表面534b的一部分分别接触表面618b和表面614b的一部分。

[0160] 凸缘624a从弯曲表面612a的中心区域向上突出。凸缘616a配置成与筒102的宽端104的容纳部112的上部中的通道114a可滑动地接合。在附图中,通道114a被示出为向内延伸一定量并且由外表面108a中的侧壁116a终止的端部104的上部中的狭缝或狭槽。凸缘624a和通道114a被对应地配置成促进凸缘624a与通道114a之间的互锁接合。

[0161] 类似地,凸缘624b从弯曲表面612b的中心区域向下突出。凸缘624b配置成与筒102的宽端104的容纳部112的下部中的通道114b可滑动地接合。在附图中,通道114b被示出为向内延伸一定量并且由外表面108b中的侧壁116b终止的端部104的下部中的狭缝或狭槽。凸缘624b和通道114b被对应地配置成促进凸缘624b与通道114b之间的互锁接合。凸缘

624a、凸缘624b形成基部600的相应的上第二接合构造640a和下第二接合构造640b的一部分,并且通道114a、通道114b形成筒102的一组接合构造117a、接合构造117b的一部分。

[0162] 凸缘624a、凸缘624b包括被形成在基部600的前侧上的对应的前(优选地为共面的)表面626a、前表面626b,该前表面626a、前表面626b与平坦表面614a、平坦表面614b形成相应的邻接表面。基部600被配置成在容纳部112处与筒102接合,使得凸缘624a、凸缘624b可滑动地接合对应的通道114a、通道114b,所述通道114a、通道114b形成筒102的接合构造117a、接合构造117b的一部分。当基部600与容纳部112接合时,将凸缘624a、凸缘624b的表面插入通道114a、通道114b中,使得表面626a、表面626b的一部分分别接触相应的侧壁116a、侧壁116b(这约束了基部600进一步向筒102的内部移动。另外,弯曲表面612a、区域612b的一部分与内侧壁构造128的相应的区域130a、区域130b的一部分接近(即,近距离接触,或者在某些情况下接触)。

[0163] 注意,凸缘624a、凸缘624b和通道114a、通道114b的尺寸被对应地确定,以促进凸缘624a、凸缘624b与通道114a、通道114b之间的对应构造,这使得能够在凸缘624a、凸缘624b与通道114a、通道114b之间互锁地滑动接合。凸缘624a、凸缘624b与通道114a、通道114b之间的对应构造虽然不一定是固定的互锁接合,但是使得当凸缘624a、凸缘624b被通道114a、通道114b容纳时,基部600被保持在容纳部112中。优选地,通过在基部600的一部分与容纳部112的一部分之间施加粘合剂来实现固定接合,如下所述。在某些非限制性实施方式中,凸缘624a、凸缘624b和通道114a、通道114b的尺寸被对应地确定,使得形成卡扣式接合,从而促进基部600与容纳部112之间的更牢固的互锁接合。

[0164] 基部600还包括形成在基部600的后侧上的耦合构造628,该耦合构造628呈侧壁构造的形式,该侧壁构造从表面604的外围向外突出,以在所有侧面上限制表面604。耦合构造628被配置成用于将图像投影仪100可操作地耦合到LOE 50和/或光学耦入构造42,从而形成单个光学系统40。在LOE 50与反射型光学耦入构造42相关联的某些非限制性实现方式中,耦合构造628的一部分在LOE 50的“光学耦入区域”的一部分处在主外表面52b处光学耦合到LOE 50。在一些这样的实现方式中,耦合构造628的一部分也光学耦合到光学耦入构造,例如如图17和图18所示。

[0165] 在附图中示出的特定非限制性实现方式中,耦合构造628包括具有与弯曲表面612a接合的表面的上部630a以及具有与弯曲表面612b接合的表面的下部630b。上部630a和下部630b光学耦合到LOE 50的光学耦合区域。耦合构造628还包括在部分630a、部分630b之间延伸的侧部632(从而部分630a、部分630b、侧部632形成连续的表面)。侧部632与侧面606接合。在本非限制性实现方式中,耦合构造628还包括大体上与侧部632相对的长形部分634,该长形部分634沿着基部600的外围在上部630a与下部630b之间延伸。侧部632包括被定位在长形部分634的上端或下端处或者在长形部分634的上端或下端附近的一对耦合构造636a、耦合构造636b。在某些特别优选的实现方式中,例如,在其中将光学耦入构造实现为布置在LOE 50的边缘56上的具有规定厚度的透明板(将参照图33和图34进行描述)的实现方式中,这些耦合构造636a、耦合构造636b被配置成将基部600光学耦合到光学耦入构造。在这种非限制性实现方式中,耦合构造636a、耦合构造636b被配置成将基部600光学耦合到透明板的边缘。在某些优选但非限制性的实现方式中,通过将耦合构造628机械附接到LOE 50和耦入构造,能够实现前述的光学耦合。

[0166] 注意,在使用楔形件基部光学耦入构造的实现方式中,耦合构造628包括被配置成将基部600机械地耦合到楔形件的外表面的表面,从而提供基部600与楔形件之间的光学耦合。

[0167] 耦合构造628与LOE和/或光学耦入构造之间的光学耦合可以以各种方式实现。光学耦合的一个非限制性示例是使用粘合剂技术(即,光学胶合剂)的直接耦合。另一个非限制性示例是机械耦合,在机械耦合中,图像投影仪100被机械地定位以经由机械模块或机械组件将部分630a、部分630b、部分632、部分634放置在相对于LOE和/或光学耦入构造的必要位置处。

[0168] 以下段落描述了根据本公开内容的实施方式的用于组装图像投影仪100的过程,该过程是在构造(即,制造)图像投影仪100的过程中的子过程。组装过程包括一系列步骤,这些步骤中的许多步骤可以以与本文描述的特定顺序不同的顺序执行。

[0169] 光学组件160的光学部件以堆叠构造布置,由此每个光学部件的接合构造与堆叠中的相邻光学部件的接合构造接合,所有这些如上所述。通常,透镜200的接合构造226a、接合构造226b与透镜300的第一接合构造336a、第一接合构造336b彼此接合。透镜300的第二接合构造338a、第二接合构造338b与透镜400的第一接合构造436a、第一接合构造436b彼此接合。透镜400的第二接合构造438a、第二接合构造438b与透镜500的第一接合构造536a、第一接合构造536b彼此接合。透镜500的第二接合构造538a、第二接合构造538b与基部600的第一接合构造638a、第一接合构造638b彼此接合。

[0170] 在某些非限制性构造方法中,可以首先在筒102的外部形成堆叠构造。然后,可以经由筒102的宽端104处的容纳部112将堆叠插入筒102的中空开口中。表面210的部分212a、部分212b与筒102的侧壁(表面)126接触,这限制了堆叠向筒102的内部进一步移动。同时,基部600的第二接合构造640a、第二接合构造640b在容纳部112处与接合构造117a、接合构造117b接合(即,凸缘616a、凸缘616b与通道114a、通道114b可滑动地接合),以将堆叠的一部分保持在筒102内。

[0171] 在优选的非限制性构造方法中,光学部件在筒102的内部逐一堆叠。例如,可以首先将透镜200插入筒102中(使得表面部分212a、表面部分212b与侧壁(表面)126接触)。然后将透镜300插入筒102中,使得透镜200的接合构造226a、接合构造226b与透镜300的第一接合构造336a、第一接合构造336b彼此接合。然后将透镜400插入筒102中,使得透镜300的第二接合构造338a、第二接合构造338b与透镜400的第一接合构造436a、第一接合构造436b彼此接合。然后将透镜500插入筒102中,使得透镜400的第二接合构造438a、第二接合构造438b与透镜500的第一接合构造536a、第一接合构造536b彼此接合。然后,可以使基部600与筒102的容纳部112接合,使得透镜500的第二接合构造538a、第二接合构造538b与基部600的第一接合构造638a、第一接合构造638b彼此接合,并且使得基部600的第二接合构造640a、第二接合构造640b在容纳部112处与接合构造117a、接合构造117b彼此接合,以将堆叠的一部分保持在筒102内。当基部600与筒102接合时(即,当接合构造640a、接合构造640b、接合构造117a、接合构造117b彼此接合时),表面606、表面608的(靠近基部600的前侧的)一部分被定位在筒102内(在图3和图4中可以看出)。表面602也完全保持在由筒102和基部600的外部部分限定的壳体内。

[0172] (通过相邻光学部件的对应构造的接合构造之间的协作)相邻光学部件之间的机

械互锁接合以及基部600与容纳部112的互锁接合使得能够将光学组件160的透镜布置成使得透镜被精确地同轴地定位(即,相对于彼此居中并且同轴地对准),并且还使得能够布置成使得透镜被保持在筒102内而无需在透镜之间使用任何粘合剂(例如,光学胶合剂)。另外,凸缘624a、凸缘624b和通道114a、通道114b的接合通常限制了基部600绕光学组件160的光轴的旋转。由于光学组件160的光学部件(通过前述的接合构造)互锁,因此整个光学组件160的光学部件的同轴旋转受到基部600与容纳部112的接合的限制。可以通过透镜的一个或更多个部分与(形成内侧壁构造128的旋转限制构造的)内侧壁构造128的区域132a、132b之间的协作进一步限制整个光学组件160的光学部件的同轴旋转。

[0173] 在某些优选但非限制性的实施方式中,边缘131、边缘133、边缘322a、边缘332a、边缘322b、边缘332b、边缘422a、边缘424a、边缘422b、边缘424b、边缘522a、边缘526a、边缘522b、边缘526b中的一个或更多个(单独或者与其各自的终止角区域中的一个或更多个组合)形成透镜200、透镜300、透镜400、透镜500的旋转限制构造。这些旋转限制构造与由内侧壁构造128的区域132a、区域132b的对应部分形成的旋转限制构造协作,以限制边缘131、边缘133、边缘322a、边缘332a、边缘322b、边缘332b、边缘422a、边缘424a、边缘422b、边缘424b、边缘522a、边缘526a、边缘522b、边缘526b(和/或角区域)中的一个或更多个的移动,从而限制对应的透镜200、透镜300、透镜400、透镜500和整个光学组件160的旋转。结果,通过旋转限制构造,光学组件160的透镜绕三个主轴(光轴以及垂直于光轴的两个轴)的旋转量被限制为可接受的小的旋转度(即在可接受的公差内)。

[0174] 在某些实施方式中,为了将堆叠的相关部分(即,透镜200、透镜300、透镜400、透镜500)更牢固地保持(并且在某些情况下,固定地保持)在筒102内,使用粘合剂(例如,光学胶合剂)将基部600附接到端部104。例如,可以将一层粘合剂施加到凸缘624a、凸缘624b的与通道114a、通道114b接合的部分。可以在表面606、表面608的可以接触区域130a、区域130b的部分的各个部分处施加附加的粘合剂。粘合剂的量优选地为最小,以防止过量的粘合剂泄漏到筒102的内部部分,从而防止粘合剂进入光学组件160的光路并且防止不利地影响通过光学组件160传播的光线的轨迹。

[0175] 在(通过将基部600胶合到筒102的宽端104)将光学组件160牢固地保持在筒102的内部之后,可以将微型显示装置136布置在筒102的窄端106处的容纳部120中。优选地,用于布置微型显示装置136的过程中的一部分包括:将微型显示装置136与光学组件160对准(主动对准)。可以使用任何公知的对准技术和过程来执行对准,通常利用光学测试台设备,例如自动准直仪装置、图像捕获装置等。使用这些对准技术和过程以确保根据一个或更多个图像质量指标和光学系统设计规范,由微型显示装置136生成的、通过光学组件160(以及通过LOE 50)传播的图像的质量具有足够的质量。对准可以包括例如在分析由图像捕获装置(例如摄像装置)捕获的输出图像(在图像投影仪100的输出处和/或在LOE 50的输出处)时,使微型显示装置136在容纳部120内(绕一个或更多个旋转轴)的旋转、横向定位、前后定位或者任何其他调整。

[0176] 微型显示装置136被布置成发射显示器138的图像发射表面140a在容纳部120中,使得图像发射表面140a的一部分(例如边缘部分)接触(或几乎接触)与表面118的一部分共面或者形成表面118的一部分的平坦表面119的一部分。平坦表面119在一侧上与内侧壁134b形成边缘,并且在与该边缘相对的一侧上由突出侧壁122(即,突出的边沿或脊)界定,

突出侧壁122从表面119向外突出以与表面119形成台阶。表面119在其其余侧上由突出侧壁构造124界定。在优选实施方式中,通过将(具有矩形孔径的六边形形状的)安装适配器元件144粘合地附接到与图像发射表面140a相对的表面140b,来实现微型显示装置136的布置。一层(或多层)粘合剂可以被施加到安装适配器144的外围部分,以将安装适配器144(与发射显示器138)粘合地附接到容纳部120。安装适配器144可以优选地被附接到突出侧壁构造124的壁上。在示出的实施方式中,突出侧壁构造124被实现为从表面118向外突出的三边结构,并且该三边结构包括两个平行的侧壁125a、侧壁125b以及第三侧壁125c,第三侧壁125c垂直于两个侧壁125a、侧壁125b并且在平行的侧壁125a、侧壁125b的端部处在两个平行侧壁125a、侧壁125b之间延伸。侧壁125c可以形成内侧壁134a的一部分。突出侧壁构造124的两个平行的侧壁125a、侧壁125b也界定了突出侧壁122,该突出侧壁122在与突出侧壁构造124的第三侧壁125c相对的端部处在两个平行侧壁之间延伸。还应注意,突出侧壁构造124比突出侧壁122更向外突出。安装适配器144可以粘合地附接到侧壁125a、侧壁125b、侧壁125c。侧壁125a、侧壁125b、侧壁125c在各自的共面表面127a、表面127b、表面127c处终止。

[0177] 优选地,在将发射显示器138附接到筒102的容纳部120之后,将盖构件146(例如,实现为基本矩形的板)附接到突出侧壁构造124。在示出的实施方式中,盖构件146包括主(矩形)体148和凸缘150,该凸缘150从主体148的侧面之一沿垂直于主体148的方向突出。凸缘150仅部分地延伸跨过主体148的凸缘150从其突出的一侧的长度。另外,盖构件146和突出侧壁构造124被对应地构造,这意味着由主体148与突出侧壁构造124在二维平面中的投影形成的几何形状是相同的(或者几乎相同,在小的裕量内)。当盖构件146被附接到筒102时,主体148被安置在突出侧壁构造124的三个表面即表面127a、表面127b、表面127c上,并且凸缘150通过形成在突出侧壁构造124的两个平行侧壁125a、125c之间的间隙向内延伸,并且与突出侧壁122对准。在凸缘150的终止表面与突出侧壁122之间形成间隙(或开口),该间隙具有足够的尺寸以允许(在一端处连接到发射显示器138的)电子接口元件142穿过该间隙并且离开容纳部120从而(在其另一端处)连接到一个或多个电子元件(例如电源,显示驱动电子器件、计算机化存储装置、计算机化处理器等)。

[0178] 将基部600和盖元件146附接到筒102的相对端104、106提供了相应的密封接合,该密封接合将发射显示器138和光学组件160的光学元件密封在筒102内,从而防止环境碎屑和/或污染物进入筒102的中空内部部分并且接触光学组件160的元件。结果是模块化且轻量的图像投影仪100,该图像投影仪100可以附接(即光学耦合)到如上所述的光学系统40的其余部件(即,LOE 50和/或光学耦合构造42)。

[0179] 根据特别优选但非限制性的实现方式,图像投影仪100的几个部件由塑料材料构造而成,以提供轻量的光学图像投影仪100。在优选的实现方式中,筒102和光学组件160的光学部件由塑料材料构造而成(每个部件可以由相同的塑料材料构造,或者可以使用不同的塑料材料构造不同的部件)。在另一非限制性实现方式中,光学组件160的一个或多个光学部件由玻璃构造而成。在一个非限制性示例中,光学组件160的所有部件由玻璃构造而成。在优选但非限制性的实现方式中,光学组件160的光学部件(特别是光学组件160的透镜)由具有相似热膨胀系数的材料(或多种材料)构造而成,以减少光学组件160的热应力,从而减少(并且优选地完全防止)图像投影仪100的部件破裂或变形的可能性。

[0180] 作为构造根据本发明的实施方式的图像投影仪100的过程的一部分,优选地获得

与筒102和光学组件160的光学部件对应的多个模具。获得模具可以包括：生产(即，制造)模具。模具限定筒102和光学部件的形状，其中每种形状还包括相关的接合构造及其部分(例如，腿、突起、终止区域、倾斜凹槽、倾斜边缘、表面等)。然后使用相应的模具，通过将塑料、玻璃或聚合物材料浇铸或注入到模具中，例如以塑料、玻璃或聚合物材料来制造部件(即，筒102和光学组件160的光学部件)。使注入或铸造的模具凝固，然后从模具中去除(弹出)筒102和光学部件。然后可以如上所述地将光学部件布置(即堆叠)在筒102中。

[0181] 尽管到目前为止描述的接合构造的非限制性实施方式涉及了特定的机械结构，例如倾斜凹槽、倾斜边缘和表面，但是这些构造仅是示例性的。可以使用其他构造，包括非倾斜的边缘和凹槽(尽管倾斜可以减少边缘/凹槽处的应力，从而防止光学部件在边缘/凹槽处破裂/破碎)。此外，尽管在所描述的非限制性实施方式中的接合构造涉及了特定数目的对应构造的倾斜边缘和凹槽，但是还可以包括附加的边缘和凹槽(倾斜的或非倾斜的)以形成光学部件的一个或更多个接合构造的一部分。

[0182] 此外，尽管所描述的非限制性实施方式涉及了具有包括四个透镜的光学组件的图像投影仪，但是如前所述，布置少于四个的透镜或者多于四个的透镜的其他实施方式也是可能的。通常，筒的尺寸，特别是筒的中空内部应被设计成容纳光学组件的所有透镜。例如，当布置使用五个透镜的光学组件时，筒的尺寸应大于附图中所示的筒102的尺寸。

[0183] 此外，尽管到目前为止描述的实施方式涉及了透镜的特定表面轮廓(例如，非球形、球形)，但是可以考虑其他表面轮廓和表面轮廓的组合。在某些情况下，用于制造透镜的材料可以(至少部分地)有助于应使用的透镜的表面轮廓的类型。例如，当由玻璃材料构造透镜时，表面202、表面204、表面302、表面304、表面402、表面404、表面502、表面504的表面轮廓可以被选择为球形表面。

[0184] 以下段落描述来自微型显示装置136的光通过光学组件160的每个光学部件的传播。参照图16至图19，要注意的是，基部600的存在允许图像投影仪100的透镜的中心光轴(从微型显示装置136的中心延伸穿过光学组件160的每个透镜的中心)被定位成相对于LOE 50的主表面成倾斜的角度(至少部分地由于表面604相对于表面602的倾斜定位)。在图16至图19所示的构造(以及本发明的许多其他构造)中，来自图像投影仪100的照射以相对浅的角度(高入射角)耦合到LOE 50中，并且近乎垂直于表面52b地从LOE 50出射(即，耦出LOE 50)。这样的构造固有地倾向于产生色差。通过在图像照射到达光学耦合构造之前修改图像照射，基部600的截面棱柱形状至少部分地补偿了色差效应。

[0185] 特别参照图19，图19示出了来自微型显示装置136的光穿过光学部件行进的示意图。由微型显示装置136发射的光波(由与从微型显示装置136的三个不同区域发射的光对应的三组光线即光线80A、光线82A、光线84A、光线86A、光线88A、光线90A示意性表示)被透镜200的表面202、表面204透射(折射)，此后撞击在透镜对即透镜300、透镜400上，此后被透镜300、透镜400的表面302、表面304、表面402、表面404透射(折射)，然后撞击在准直透镜500上，并且被透镜500的表面502、表面504透射(折射)以形成三组平行光线即80B、光线82B、光线84B、光线86B、光线88B、光线90B(即，光线80B、光线82B是平行的，光线84B、光线86B是平行的，并且光线88B、光线90B是平行的。结果，(由于透镜500的准直)，从微型显示装置136的相同区域(对应于相似的颜色)发出的光线通常彼此平行。然而，一组的平行光线可以不必与其他组的光线平行(即，光线80B、光线82B不必与光线84B、光线86B平行)。

[0186] 准直光波(由三组平行光线即光线80B、光线82B、光线84B、光线86B、光线88B、光线90B示意性表示)撞击在基部600上(在水平截面上形成为楔形/棱柱)。准直光波被基部600折射两次(表面602、表面604中的每一个一次),并且作为图像光波(由三组平行光线即光线80C、光线82C、光线84C、光线86C、光线88C、光线90C示意性地表示,即光线80C、光线82C是平行的,光线84C、光线86C是平行的,光线88C、光线90C是平行的)离开图像投影仪100(即,通过表面604从基部600透射出去)。

[0187] 由图像投影仪100输出的图像光波撞击在光学耦合构造42上(在图17和图18中被实现为反射型光学耦合构造)。由于基部600的棱柱形状(即,表面602、表面604之间的倾斜角),行进穿过基部600的表面602、表面604的(来自微型显示装置136的)图像光的不同波长被分离(即,分散),使得基部600至少部分地补偿由耦合(到LOE 50)和(从LOE 50)耦合引入的色差。

[0188] 现在转向本发明的另一个方面,现在将特别地参照图33至图36来讨论减少重影图像(和杂散光线)的出现的耦合构造的各种实现方式。作为介绍,当与图像的一部分对应的光线以不期望的角度从LOE耦合出时,可能会出现重影图像。当将耦合构造42实现为布置在LOE 50的倾斜边缘56处的反射表面(例如,镜子)(如图2所示)时,(从图像投影仪100发出的)光线在反射表面处(即,在倾斜边缘56处)的多次反射可能导致以这种不期望的角度将图像光线从LOE 50耦合出。

[0189] 首先参照图33,图33示出了根据本发明的实施方式的减少了重影图像和杂散光线的光学耦合构造42。耦合构造42包括由透明材料形成的板70(即,板70是透光基板),板70具有平行的外表面(面)72a、外表面72b以及外表面(也称为“边缘”)74a、外表面74b。在附图所示的非限制性实现方式中,表面/边缘74a、表面/边缘74b也是平行的,使得两对平行的外表面即外表面72a、外表面72b、外表面74a、外表面74b形成矩形截面。然而,应注意,表面74a、表面74b不必然平行。例如,表面72b的长度可以小于表面72a的长度,使得表面74a、表面74b不平行。板70在倾斜边缘56处布置有表面72a,使得表面72a被置于倾斜边缘56上并且与倾斜边缘56一致。在某些优选但非限制性的实施方式中,耦合构造636a、耦合构造636b被配置成(通过粘合剂(或机械附接)将基部600光学耦合到边缘表面74b的部分。图17和图18分别是示出与表面74b的相应部分接触的耦合构造636a、耦合构造636b的俯视图和仰视图。

[0190] 在某些实施方式中,板70通过粘合剂附接(例如通过在表面72a与边缘56之间施加一层光学胶合剂)光学地耦合到LOE 50。在其他实施方式中,板70与LOE 50之间的光学耦合通过将板70定位在倾斜边缘56附近(优选在表面72a与倾斜边缘56之间没有气隙)的机械模块或机械组件来机械地实现。板70和LOE 50优选地由相同类型的材料构造,以确保板70和LOE 50具有相同的折射率。当使用粘合剂将板70光学地附接到LOE 50时,粘合剂优选是折射率匹配的材料。

[0191] 表面72b是反射表面(例如,镜子),该反射表面可以由板70的涂有一层或更多层涂层的表面形成。在某些实施方式中,涂层是诸如介电涂层或金属涂层(其中反射表面72b被实现为“银镜”)的反射涂层,该反射涂层反射由图像投影仪100发射的光波。在其他实施方式中,涂层可以是角度选择性涂层,使得表面72b仅反射来自图像投影仪100的、以指定的入射角范围入射在表面72b上的光。在另一个实施方式中,可以在板70外部的表面72b处布置简单的镜子。

[0192] 为了防止杂散光线(在LOE的输出端可能表现为重影图像)进入LOE 50,优选地在板70的表面(边缘)74a处布置吸光材料。吸光材料也可以被布置在另一表面74b处,然而,吸光材料在表面74a处的布置对防止杂散光线进入LOE 50具有最显著的效果。这些杂散光线包括如果不存在板70则将被倾斜边缘56反射两次并且耦合到LOE 50中的光线。然而,在存在板70的情况下,本来将会被倾斜边缘56反射两次的光线反被吸光材料吸收。吸光材料被配置成吸收由图像投影仪100发射的光的光谱中的大部分强度(即,可见光谱)。吸光材料在本领域中是公知的,并且很容易商购。

[0193] 图34示出了图33的一部分的放大图,以示出具有吸光材料的板70对由图像投影仪100注入(引入)的光线的影响。如所期望的,样本光线54a和54b(跨越光束54的光线中的两条)被表面72b反射并且进入LOE 50。另一样本光线54c(其为跨越光束54的光线中的另一条)表示在不存在板70的情况下会进入LOE 50的不需要的光。在不存在板70的情况下,光线54c撞击在倾斜边缘56上(类似于图2)。光线54c被倾斜边缘56(其充当光学耦入构造,被实现为反射表面)反射,生成反射光线55c(由虚线箭头表示)。反射光线55c撞击在LOE 50的表面52b上,在此处光线55c经历来自表面52b的内反射,从而生成反射光线55d。反射光线55d然后被倾斜边缘56反射,生成反射光线55e,反射光线55e由光学耦出构造62最终耦出为朝向观看者68的眼睛的重影光线。注意,光线55e可以在经历被表面52a、52b进一步内反射之前耦出LOE 50,或者可以在由光学耦出构造62耦出LOE 50之前经历来自表面52a、表面52b的一个或更多个内反射。

[0194] 然而,在存在板70的情况下,光线54c被倾斜边缘56和表面72a透射,并且撞击在表面72b上。光线54c被表面72b反射,生成反射光线57c。反射光线57c被表面72a、倾斜边缘56透射并且入射在LOE 50的表面52b上,在此处光线57c经历被表面52b内反射,从而生成反射光线57d。反射光线57d被倾斜边缘56、表面72a透射,并且撞击在(由于吸光材料而)吸收光线57d的表面74a上,从而消除了潜在的重影光线。由于存在具有吸收材料的板70,因此光线54c最终没有耦合到LOE 50中,因此没有(由光学耦出构造62)从LOE 50朝向观看者的眼睛68耦出。

[0195] 要指定的板70的厚度(测量为表面74a、表面74b之间的距离)可以通过对光学设计和制造过程执行分析来确定。例如,可以通过对基于倾斜边缘56的角度和入射照射54的入射角而发生重影光线的数目执行定量分析来计算优选的指定厚度。然而,制造考虑可能支持或者也可能不支持通过定量分析确定的优选厚度。在某些非限制性实现方式中,指定的厚度是LOE 50的厚度的分数,例如不超过LOE厚度的二分之一。

[0196] 应注意,在替选实施方式中,可以在表面74a处布置漫射元件(例如,光漫射器)来替代吸光材料。漫射元件散射入射到表面74a的光(例如,光线57d),使得散射光经由表面74a离开板70。然而,应注意,某些散射光可能会反射回来并且进入LOE 50。

[0197] 现在参照图35,图35示出了根据本发明的另一实施方式的用于减少重影图像和杂散光线的光学耦入构造42。在该实施方式中,光学耦入构造42包括一对优选(但不是必须)的平行的表面82、表面84。表面82是反射表面(例如,镜子),表面82在优选实施方式中由施加有一层或更多层金属涂层的表面形成。在这样的实施方式中,表面82优选地为银镜。布置在表面82与光学耦出构造62之间的光路上的表面84是选择性反射(也选择性透射)的表面,优选地为角度选择性反射表面。在优选实施方式中,表面84由施加有一层或更多层介电涂

层的表面形成。介电涂层被设计成使得表面84反射以浅角度(相对于表面84的法线测量的大入射角)撞击在表面84上的光,并且透射以陡峭的角度(相对于表面84的法线测量的入射角)撞击在该表面上的光。结果,来自图像投影仪100的、从表面82反射的、以浅角度范围撞击在表面84上的光被表面82反射。优选地,这些反射光线以小于通过全内反射在表面52a、表面52b之间捕获光所需的临界角撞击在LOE 50的表面52a上,使得反射光线离开LOE 50(因此不会通过来自表面52a、表面52b的内反射传播,因此,光线不会由光学耦出构造62耦出LOE 50)。来自图像投影仪100的、从表面82反射、并且以陡峭的角度撞击在表面84上的光由表面82透射。这些透射光线以一定的轨迹进入LOE 50,其中光线撞击在表面52a、表面52b上的入射角大于通过全内反射在表面52a、表面52b之间捕获光所需的临界角。结果,这些光线通过内反射传播通过LOE 50,并且最终由光学耦出构造62耦出LOE 50。

[0198] 在某些非限制性实施方式中,LOE 50的倾斜边缘56可以施加有涂层以形成表面82。在这种实现方式中,布置在相对于表面82的下游并且相对于光学耦出构造62的上游的LOE 50中的附加表面施加有介电涂层以形成表面84。在另一非限制性实现方式中,LOE 50的倾斜边缘56可以施加有介电涂层以形成表面84。在这样的实现方式中,可以在倾斜边缘56处将透光材料块(被形成为平行四边形并且在尺寸上设计成具有与LOE 50的厚度相似的厚度)光学附接(例如,经由光学胶合剂或者经由机械模块)到LOE 50。透光材料块的平行于倾斜边缘56的表面可以施加有金属涂层以形成表面82。在另一非限制性实现方式中,透光材料块(被形成为平行四边形并且在尺寸上具有与LOE 50的厚度相似的厚度)可以在平行表面上设置有介电涂层和金属涂层,从而分别形成表面82和表面84。然后可以将透光材料块光学附接(例如,经由光学胶合剂或者经由机械模块)至LOE 50,使得表面82胶合至倾斜边缘56或者被定位成邻近倾斜边缘56。

[0199] 如上所述,基部600的截面楔形/棱柱几何形状使得图像投影仪100相对于LOE 50以角度 θ_{proj} 放置。光学系统的主要部件(即,光学耦入构造42、LOE 50和图像投影仪100)被设计成具有布置角 θ_{proj} ,使得由图像投影仪100发出的光线(在到达光学耦入构造42之前)以倾斜角入射在主外表面52b上(例如,如图33至图36所示)。当根据参照图35描述的实施方式实现光学耦入构造时,在设计用于形成表面84的介电涂层时,应考虑布置角 θ_{proj} 和倾斜边缘56的角度(α_{edge})。对于 $\theta_{\text{proj}}=120^\circ$ 和 $\alpha_{\text{edge}}=72^\circ$ 的非限制性情况,发现对减少重影图像特别有效的介电涂层分别反射光和透射光的入射角范围(垂直于表面84测量)为 51° 至 66° 以及 15° 至 30° 。

[0200] 图36示出了图35的一部分的放大图,以示出表面82、表面84对由图像投影仪100注入(引入)的光线的影响。样本光线54a和样本光线54b(其为跨越光束54的光线中的两条)被表面82反射成为光线59a和光线59b。光线59b在表面52b处经历内反射,从而生成反射光线61b。反射光线61b在表面52a处经历内反射,从而生成反射光线63b。光线59a和光线63b二者都以入射角范围(例如 15° 至 30°)内的入射角入射到表面84,使得光线59a和光线63b如预期的那样被表面84透射并且进入LOE 50(此处光线59a和光线63b通过内反射继续传播并且由光学耦出构造62耦出)。

[0201] 另一条样本光线54c(其为跨越光束54的另一条光线)代表在不存在表面84的情况下会进入LOE 50的不需要的光。光线54c被表面82反射成为为反射光线59c。光线59c在表面52b处经历内反射,从而生成反射光线61c。反射光线61c被表面82反射,从而生成反射光线

63c。反射光线63c以在反射角范围(例如 51° 至 66°)内的入射角撞击在表面84上,使得光线63c被表面84反射成为朝向LOE 50的主表面52a的反射光线65c。反射光线65c以小于维持全内反射条件所需的临界角的角度撞击在表面52a上,并且因此经由表面52a从LOE 50透射出去。

[0202] 到目前为止所描述的用于消除重影图像和杂散光线的技术依赖于光学耦合构造设计方法,该方法防止由图像投影仪100发出的光以不期望的角度耦合到LOE 50中。可以与上述方法结合使用或替代上述方法的其他方法是可能的,所述其他方法依赖于对图像投影仪100的部件进行设计,使得减少图像投影仪100以可能会在LOE输出处表现为重影图像的不期望的角度输出的光的量。已经发现,来自光学组件160的光学部件(特别是透镜)的侧壁和/或筒102的内侧壁的不期望的反射可能有助于以不期望的角度从图像投影仪100输出光的效果。由于光学部件(和筒)是使用(如上所述的)专门设计的模具制造的,因此可以设计模具,使得减少或完全防止这些不期望的反射。处理不期望的反射的一种方法是设计透镜(透镜200、透镜300、透镜400、透镜500)模具,该模具在优选的指定侧壁角度处,具有特别定位的分型线。

[0203] 特别参照图13、图14和图16,可以看到,侧面206、侧面208、侧面306、侧面308、侧面406、侧面408、侧面506、侧面508向内逐渐变细,以分别限定透镜200、透镜300、透镜400、透镜500的侧面角度 θ_{Lens200} 、 θ_{Lens300} 、 θ_{Lens400} 、 θ_{Lens500} 。在该特定的非限制性示例中,用于制造透镜200、透镜300、透镜400、透镜500的模具具有下分型线(在该上下文中,“下”是指更靠近透镜的远离基部600的光学表面),侧面角度约为 8° 。侧壁角度 θ_{Lens200} 、 θ_{Lens300} 、 θ_{Lens400} 、 θ_{Lens500} 被测量为侧面(例如侧面206、侧面208、侧面306、侧面308、侧面406、侧面408、侧面506、侧面508)与平行于透镜的共享中心光轴的线(在图13中是竖直轴,并且沿着微型显示装置136的平面的法线)之间的角度。下分型线和相对较小的侧表面角度使所制造的透镜能够以通常容易的方式从模具中取出。另外,已经发现,模具的这种特定的分型线和侧壁角度构造与替选分型线和侧壁角度构造相比显著减少了被侧面206、侧面208、侧面306、侧面308、侧面406、侧面408、侧面506、侧面508反射的次数。

[0204] 本文中考虑的模具的一种这样的替选分型线和侧壁角度构造是具有中心分型线的构造,该构造导致每个透镜具有由一对区段形成的侧壁表面。在该构造中,侧面区段形成大约 2° 的侧壁角度。尽管该替选构造具有可以容易地将透镜从模具中取出的优点(由于中心分型线和较小的侧壁角度),但是透镜的侧面区段会产生大量的不期望的反射,从而产生可观量的杂散光线。

[0205] 在某些情况下,入射到光学部件160的一个(或更多个)透镜的光强度的一部分可以通过透镜的侧面(或透镜的上部或下部)透射出透镜从而离开透镜(并且离开光学部件160)。离开透镜的侧面的光入射在内侧壁134a、134b或者接近透镜的光射出侧面的区域130a、132a、130b、132b上。入射光可以被内侧壁134a、134b或区域130a、132a、130b、132b反射回透镜,并且重新进入光学部件160成为杂散光线,从而导致要注入LOE 50的图像失真。为了防止来自内侧壁134a、134b或区域130a、132a、130b、132b的不期望的反射,筒102本身也可以被设计成具有用于减少来自筒102的内侧壁部分的不期望的反射的专门的内侧壁。

[0206] 在某些实施方式中,内侧壁134a、134b或区域130a、132a、130b、132b中的一个或更多个施加有吸光涂层,该涂层防止光重新穿过透镜200、300、400、500中的一个或更多个的

侧面。除了涂层之外,或者代替涂层,内侧壁134a、134b或者区域130a、132a、130b、132b中的一个或更多个可以设置有诸如波纹状图案的图案。(例如锯齿形图案),以防止产生不期望的反射。可以通过利用特殊设计的模具将图案设置在筒102的前述侧壁或区域上,该模具具有筒102的对应形状和图案区段,以制造筒102,以制造筒102。由于从透镜200、300、400、500中的一个或更多个的侧面射出的光可能以一定角度入射在图案化的表面/区域的一部分上,从而以防止反射光通过透镜200、300、400、500中的一个或更多个的侧面重新进入的角度反射光。优选地,侧壁134a、134b处的锯齿形图案对应于(以上参照图15描述的)透镜200、300、400、500的嵌套构造的总体轮廓形状。透镜200、300、400、500,使得锯齿形图案通常遵循腿310a、310b、410a、410b、510a、510b的形状。这防止了光通过表面312a、312b、412a、412b、512a、512b重新进入透镜。

[0207] 应当注意,在本公开内容全文中,凡是被称为通过内反射将光捕获在LOE内的地方,内反射可以是全内反射的形式,从而在基板(LOE)的主外表面52a、52b处以大于临界角的角度入射的传播图像照射导致照射在主外表面52a、52b上的反射。替选地,内反射可以通过施加到主外表面52a、52b的反射涂层(例如,角度选择性反射涂层)来实现,使得在由涂层限定的给定角度范围内入射到主外表面的传播的图像照射在主外表面52a、52b处被反射。

[0208] 尽管在大多数附图中仅示出了图像投影仪、LOE和光学耦合构造的结构,但是应当理解,根据本发明的实施方式的光学系统旨在用作显示器的一部分,该显示器通常是平视显示器,优选地为近眼显示器,例如头戴式显示器或眼镜框架支持的显示器(即,眼镜的形状因子)。在特别优选的实施方式中,光学系统被实现为眼镜框架支持的显示器的一部分。在这样的实现方式中,光学部件的透镜的几何形状使得图像投影仪100能够有利地被附接到眼镜框架,从而被安装到眼镜框架的颞部,从而为用户提供舒适的可佩戴头戴式紧凑型光学装置。

[0209] 本公开内容的各种实施方式的描述已经出于说明的目的被呈现,但是不旨在穷举或者限于所公开的实施方式。在不脱离本发明的范围和精神的情况下,许多修改和变型对于本领域的普通技术人员将会是明显的。选择本文使用的术语是为了优选地地解释实施方式的原理、实际应用或对市场中发现的技术的技术改进,或者使本领域其他技术人员能够理解本文公开的实施方式。

[0210] 除非上下文另有明确规定,否则如本文所使用,无量词修饰包括复数指代。

[0211] 在本文中,使用词语“示例性”来表示“用作示例、实例或说明”。被描述为“示例性”的任何实施方式不必然被解释为比其他实施方式优选或有利以及/或者排除并且入来自其他实施方式的特征。

[0212] 应理解,为清楚起见,在分开的实施方式的上下文中描述的本发明的某些特征也可以在单个实施方式中组合地提供。反之,为简化起见,在单个实施方式的上下文中描述的本发明的各个特征也可以单独地提供或以任何合适的子组合提供,或者适用于本发明的任何其他描述的实施方式。在各种实施方式的上下文中描述的某些特征不被认为是这些实施方式的必要特征,除非该实施方式在没有这些元件的情况下不起作用。

[0213] 就在没有多项引用的情况下撰写所附权利要求书来说,这样做仅是为了适应不允许这样的多项引用的司法管辖区的形式要求。应当注意,通过使权利要求多项引用而隐含的特征的所有可能组合被明确地设想并且应该被认为是本发明的一部分。

[0214] 尽管已结合本发明的特定的实施方式描述了本发明,但是对于本领域普通技术人员来说,许多替选、修改及变型是明显的。因此,本发明旨在涵盖落入所附权利要求的精神和宽范围内的所有这样的替选、修改和变型。

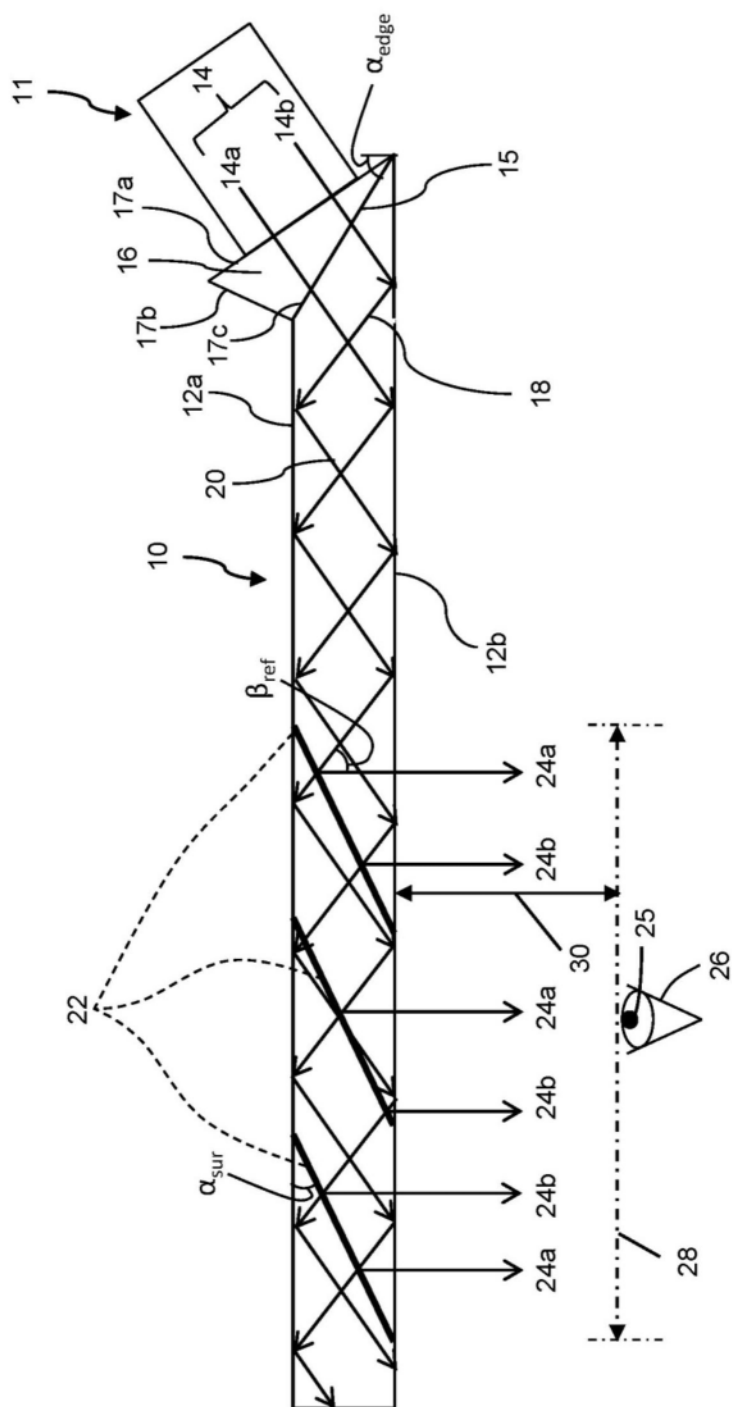


图1 (现有技术)

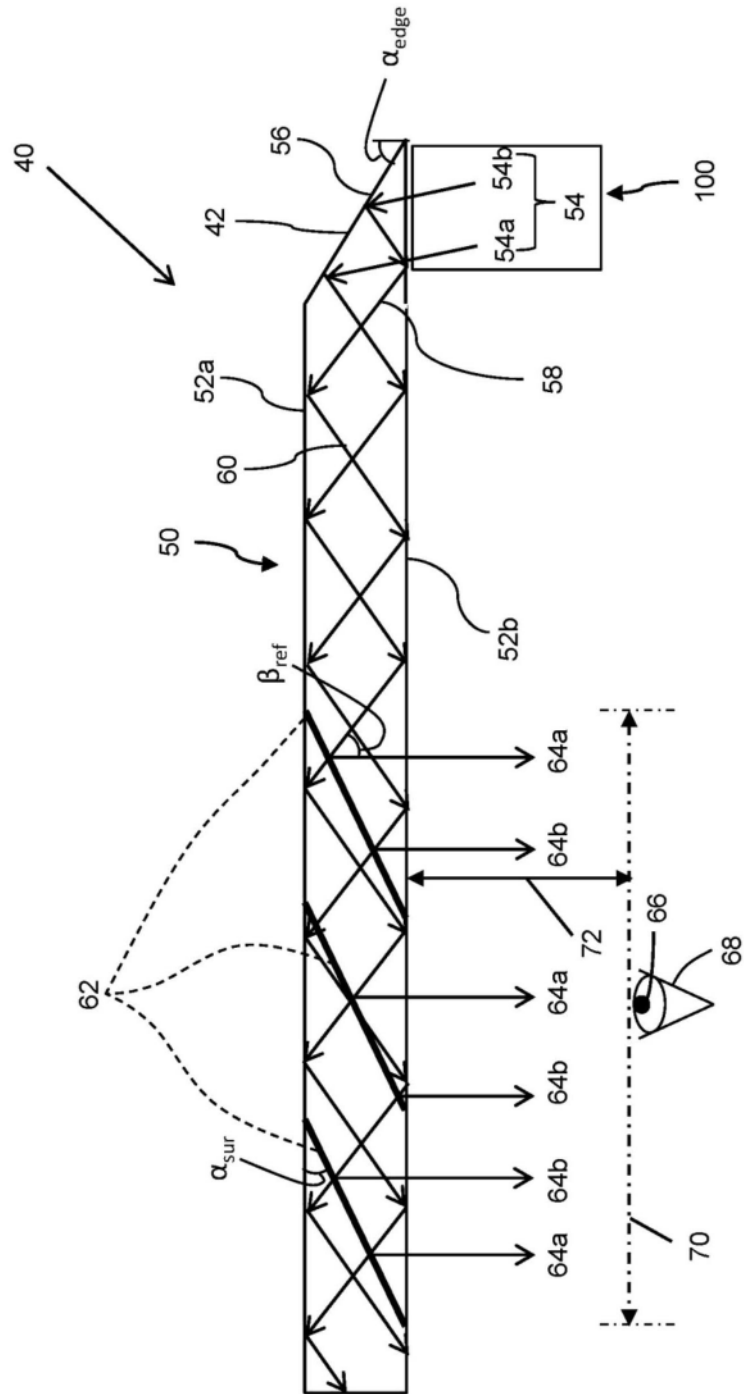


图2

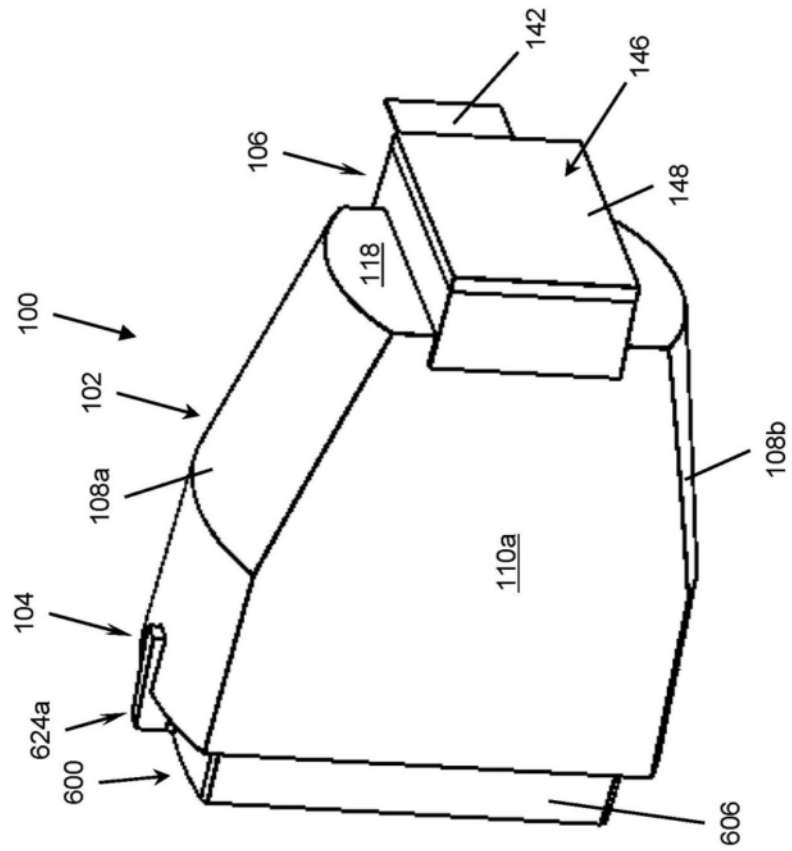


图3

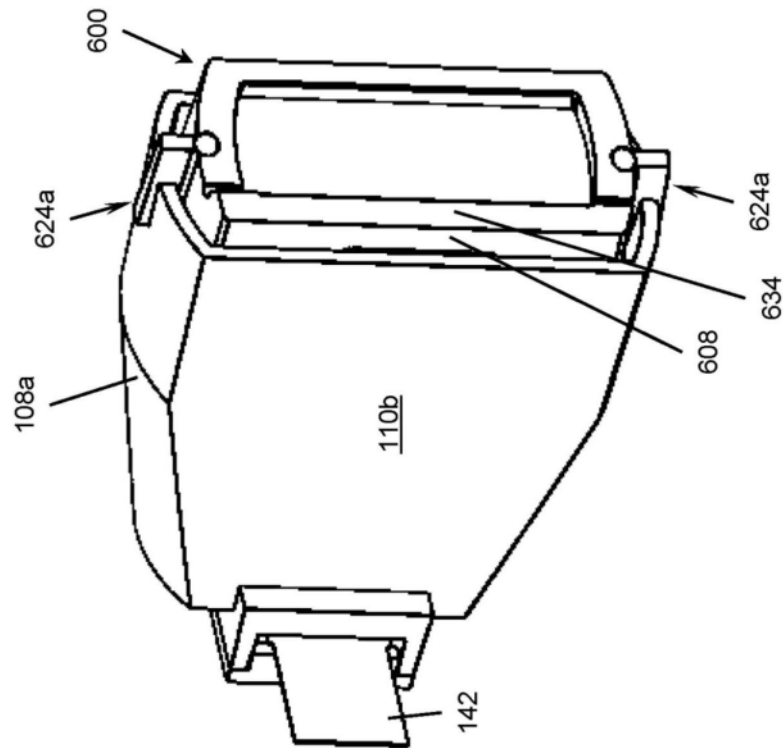


图4

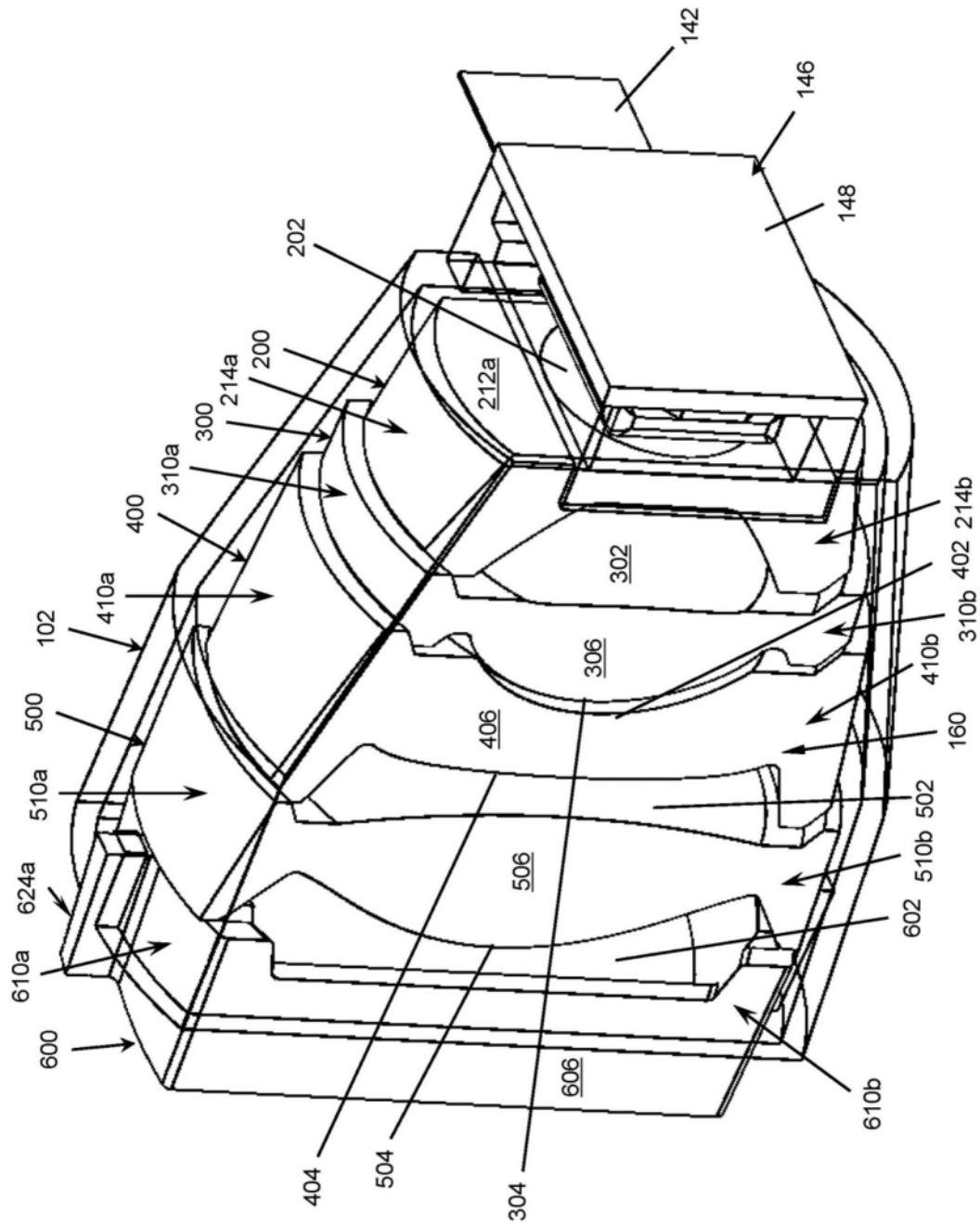


图5

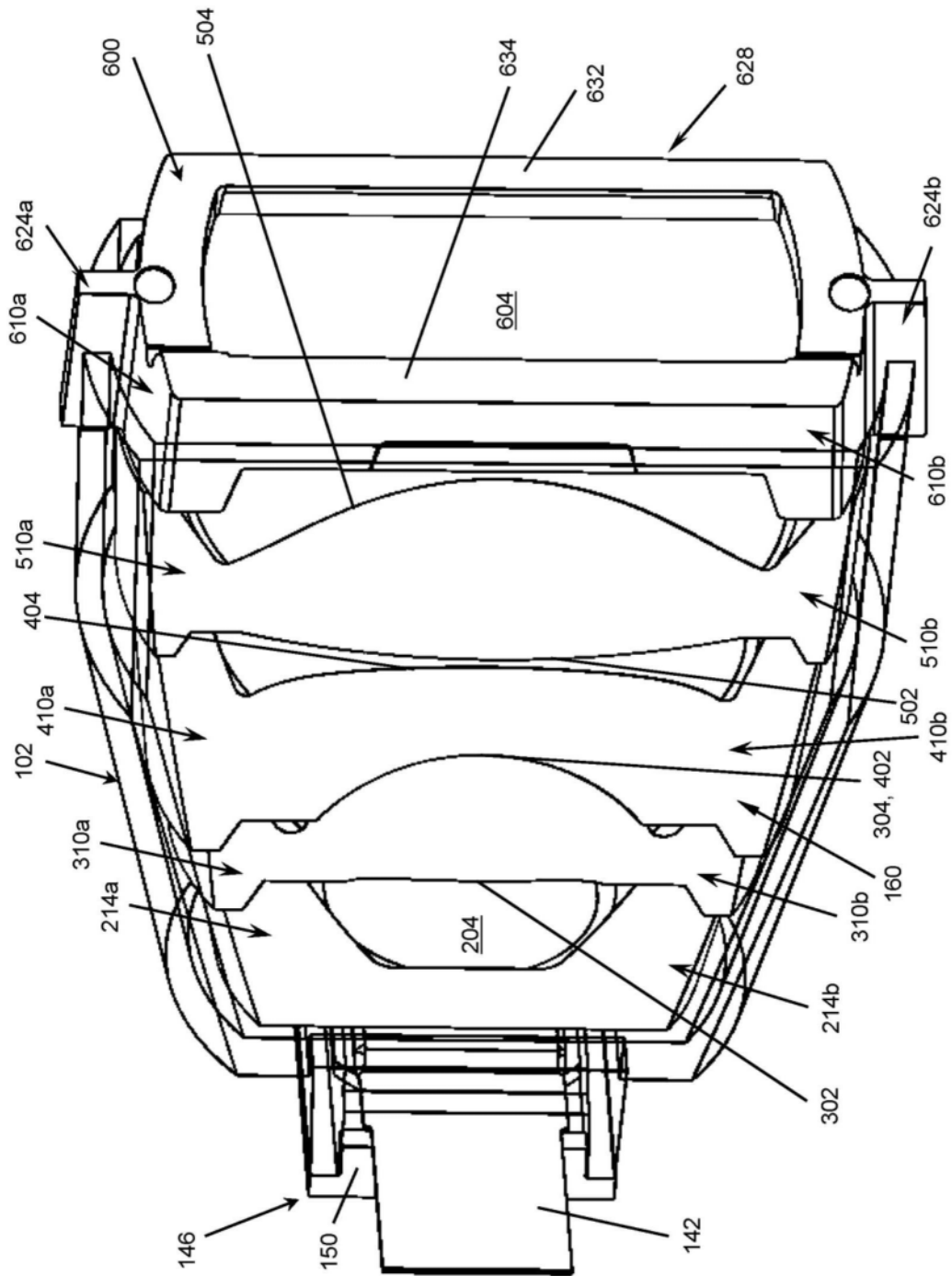


图6

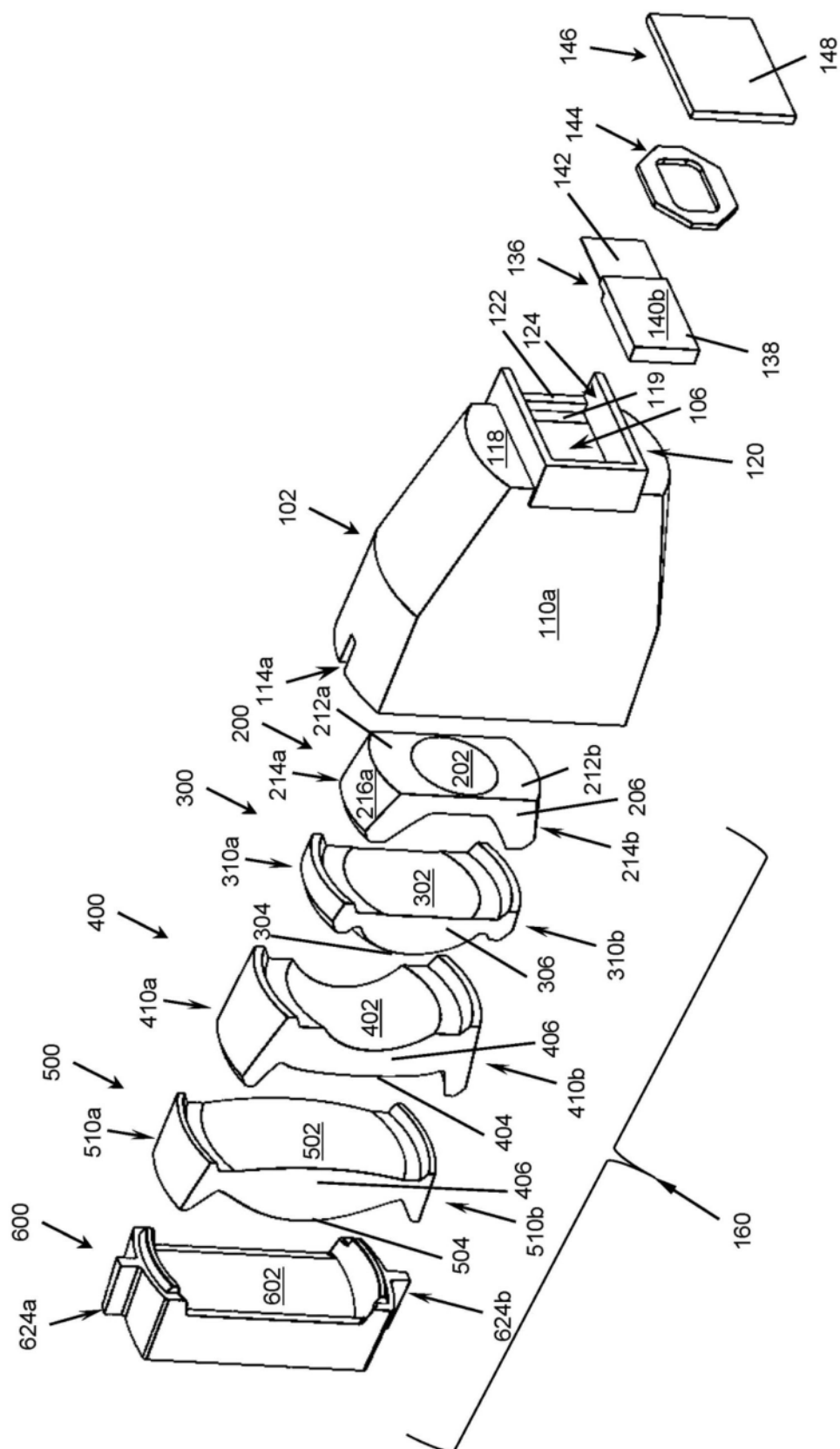


图7

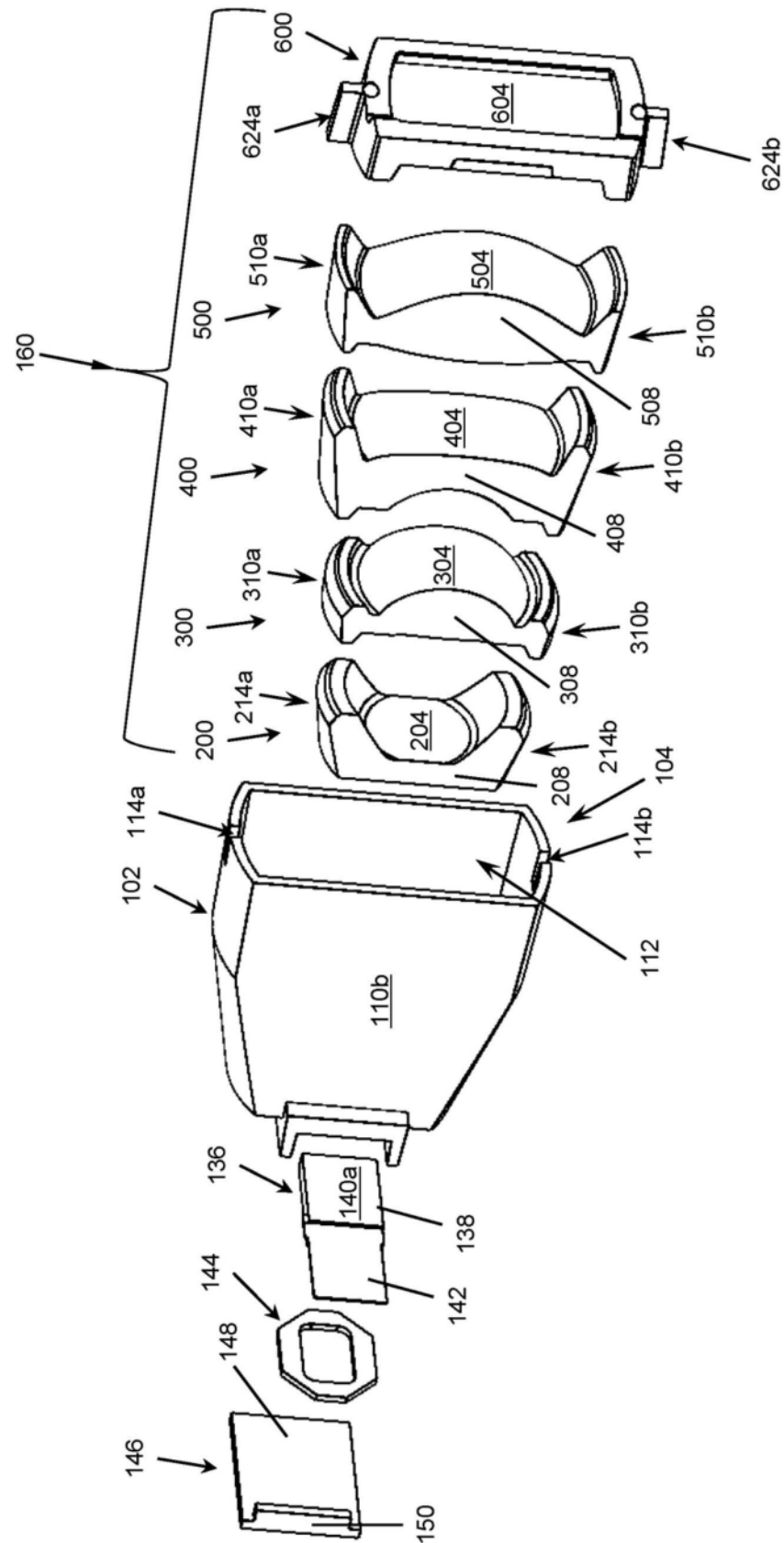


图8

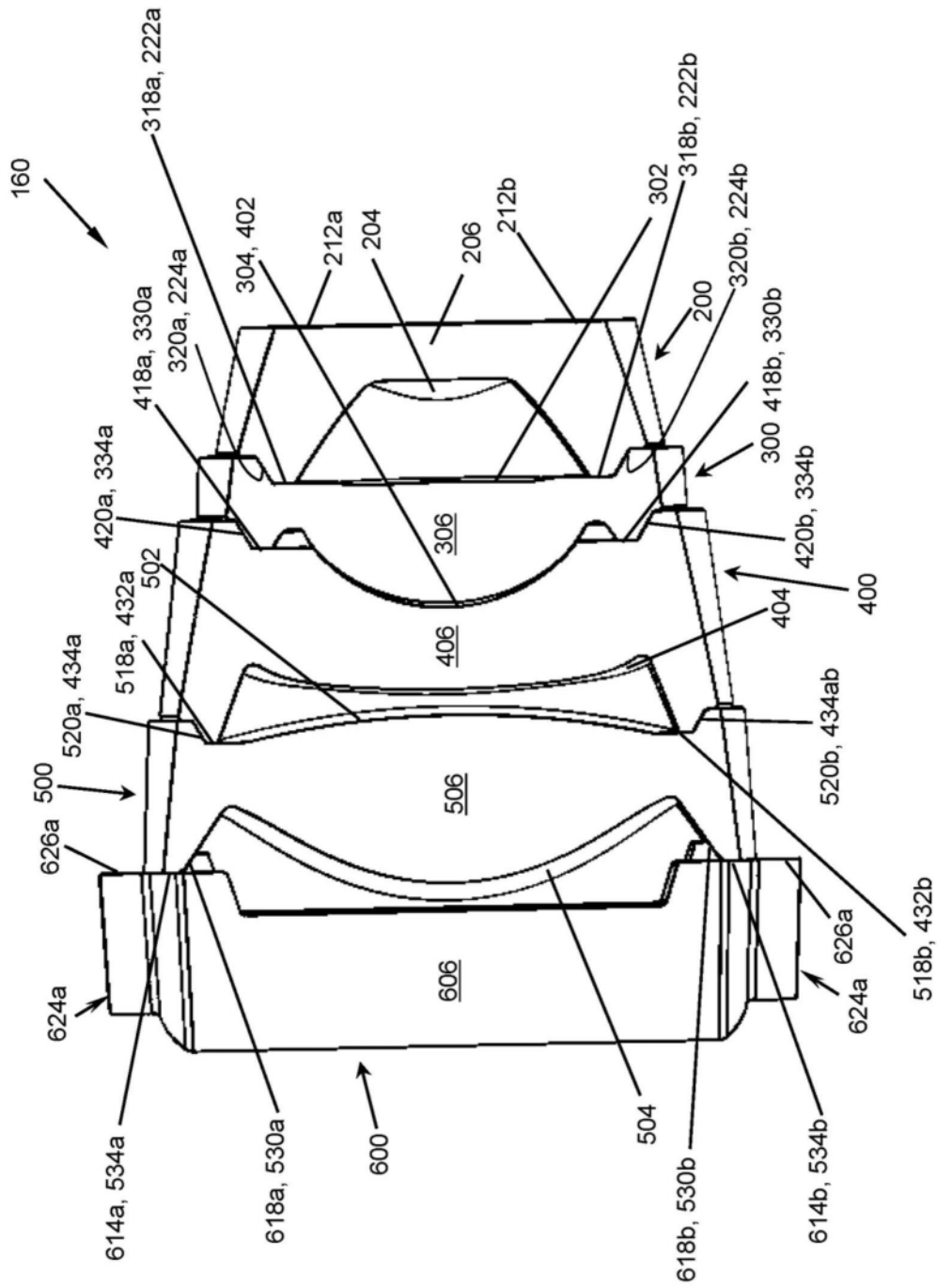


图9

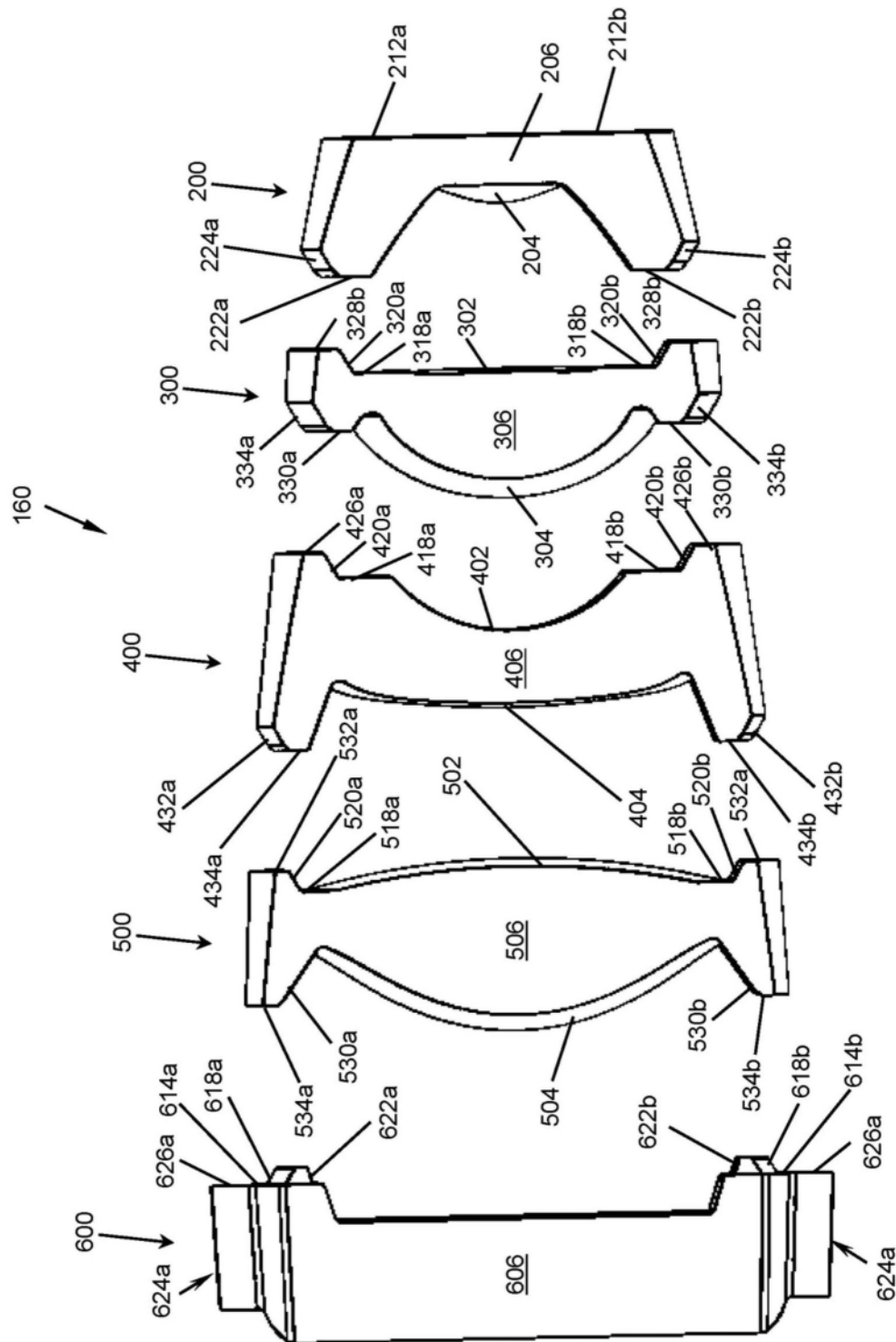


图10

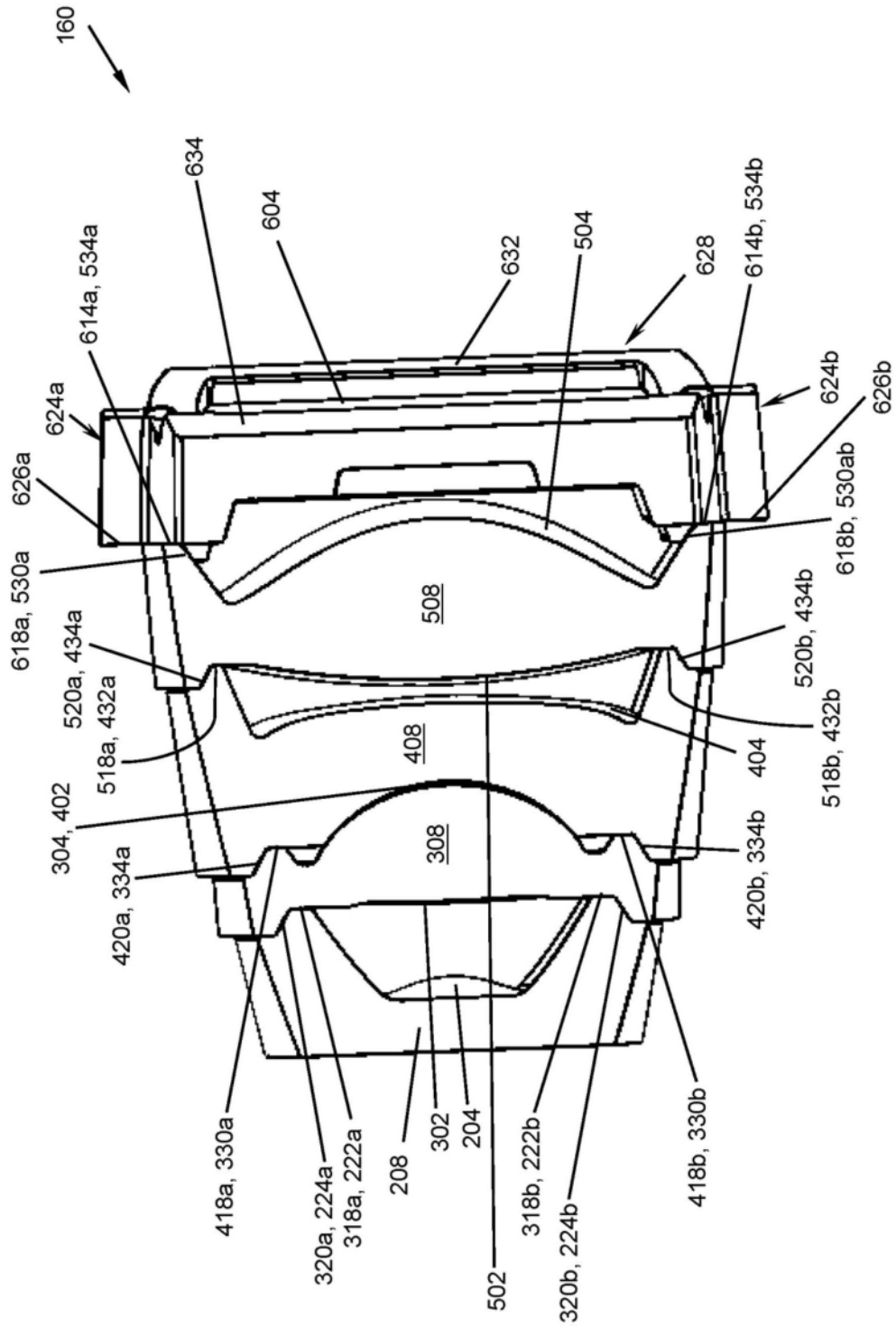


图11

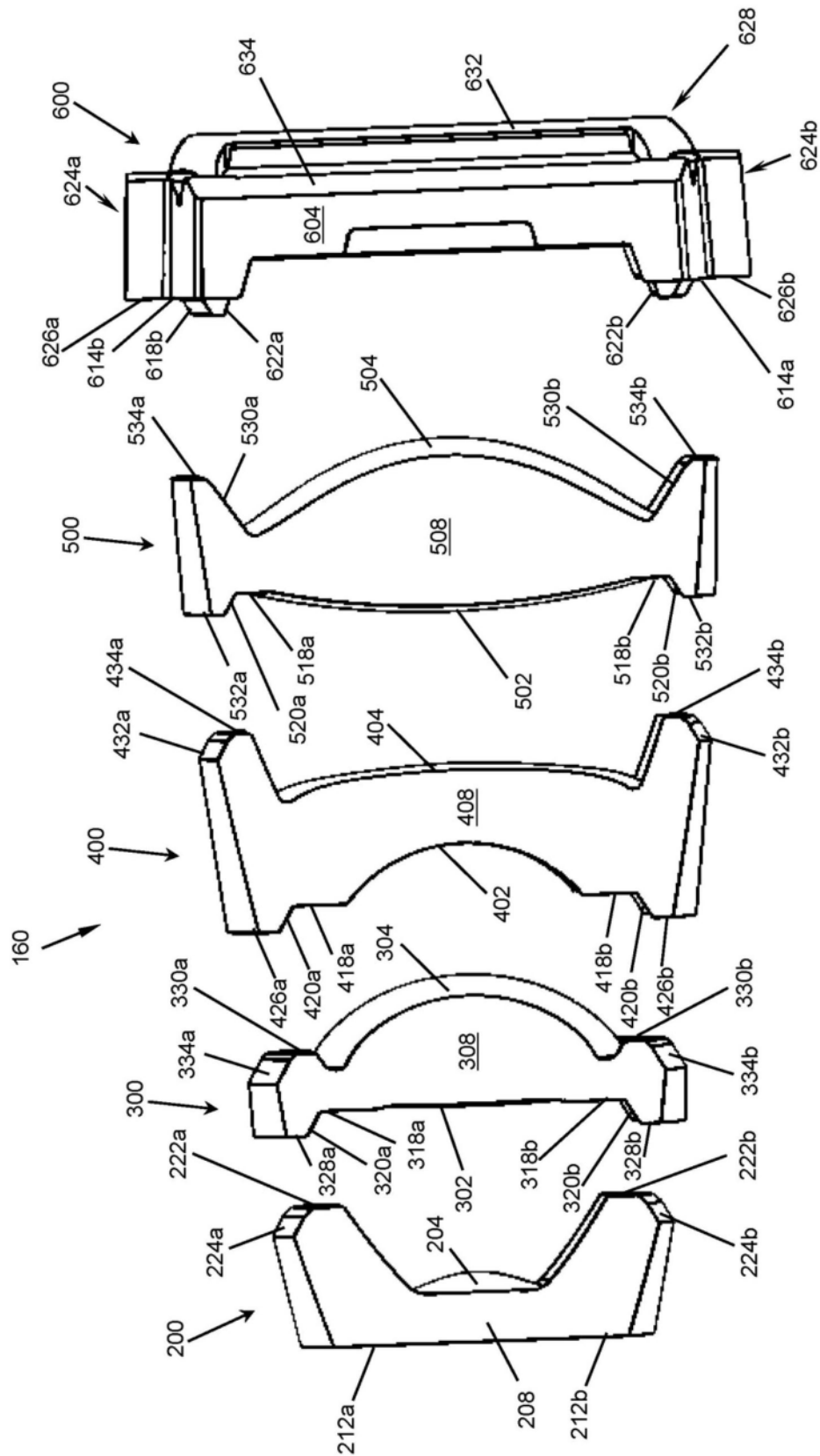


图12

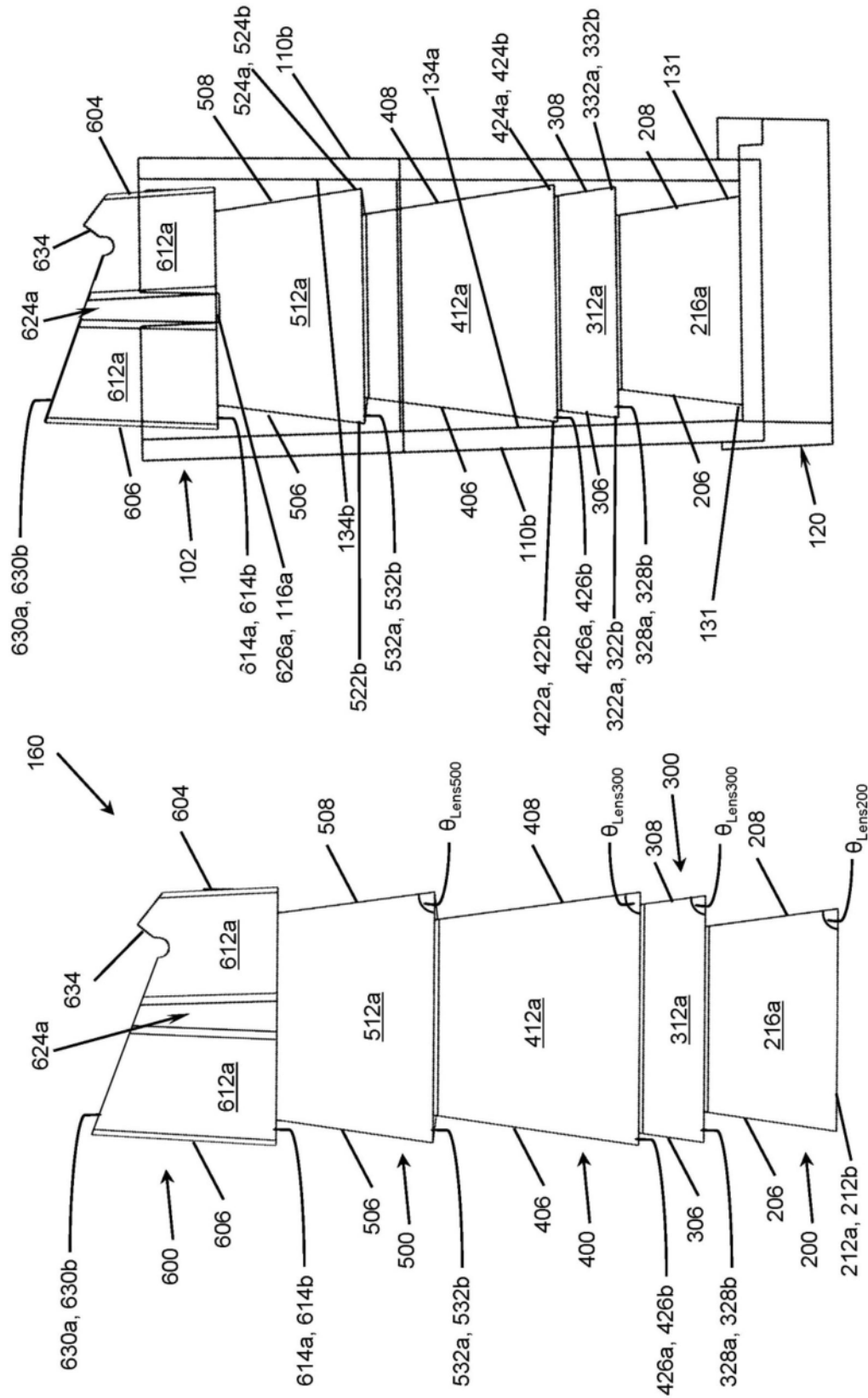


图 14

图 13

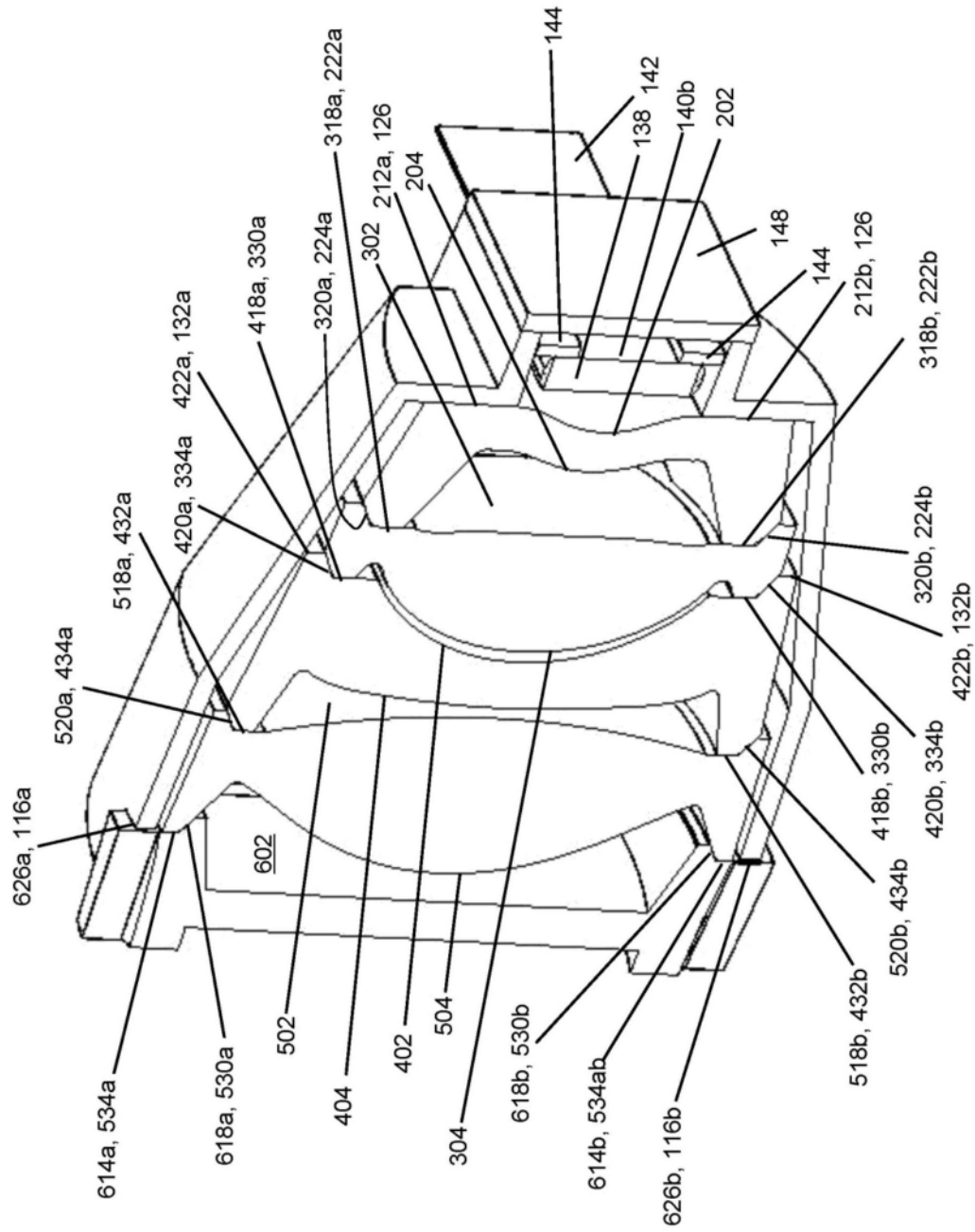


图15

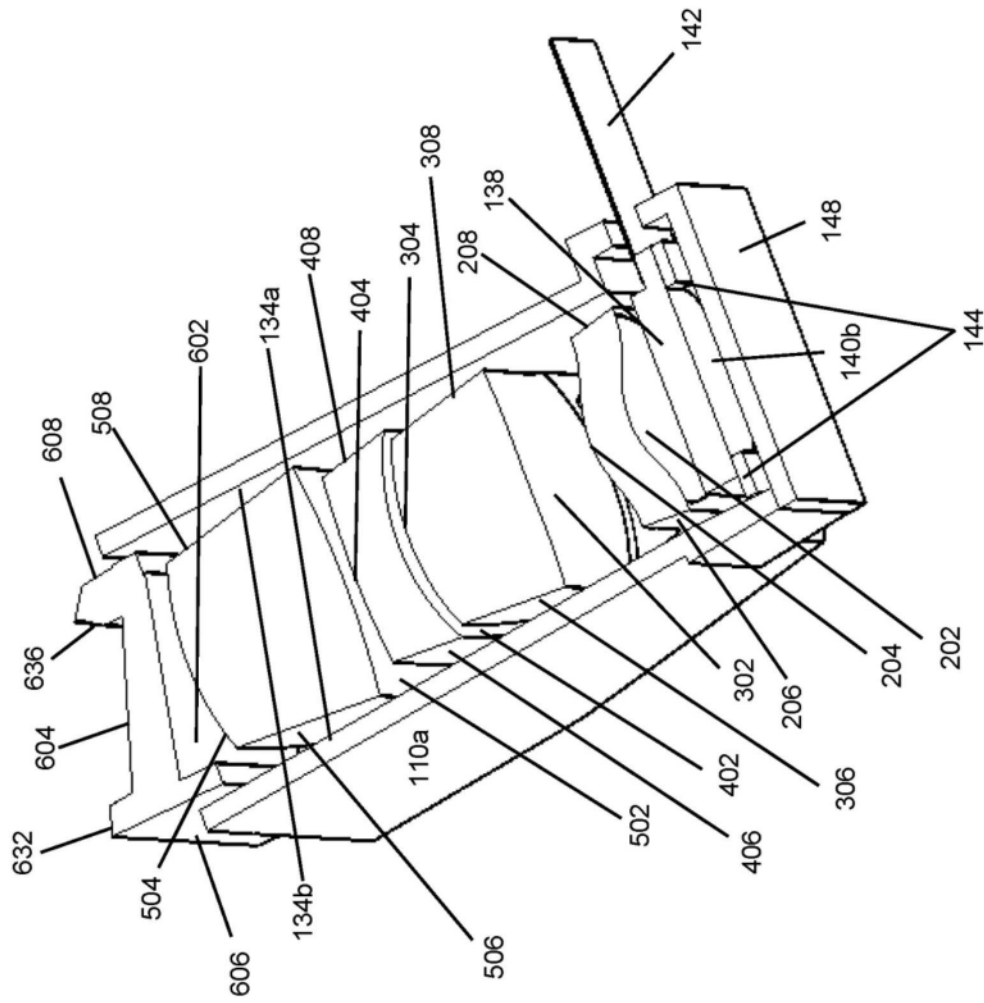


图16

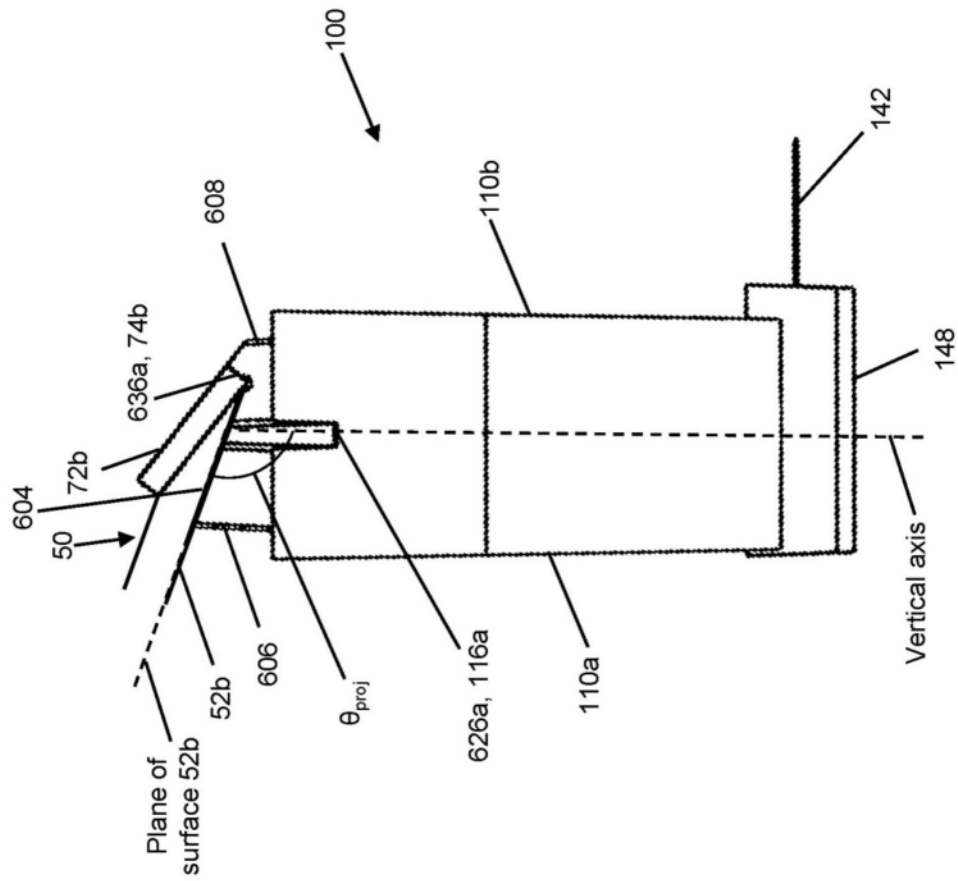


图17

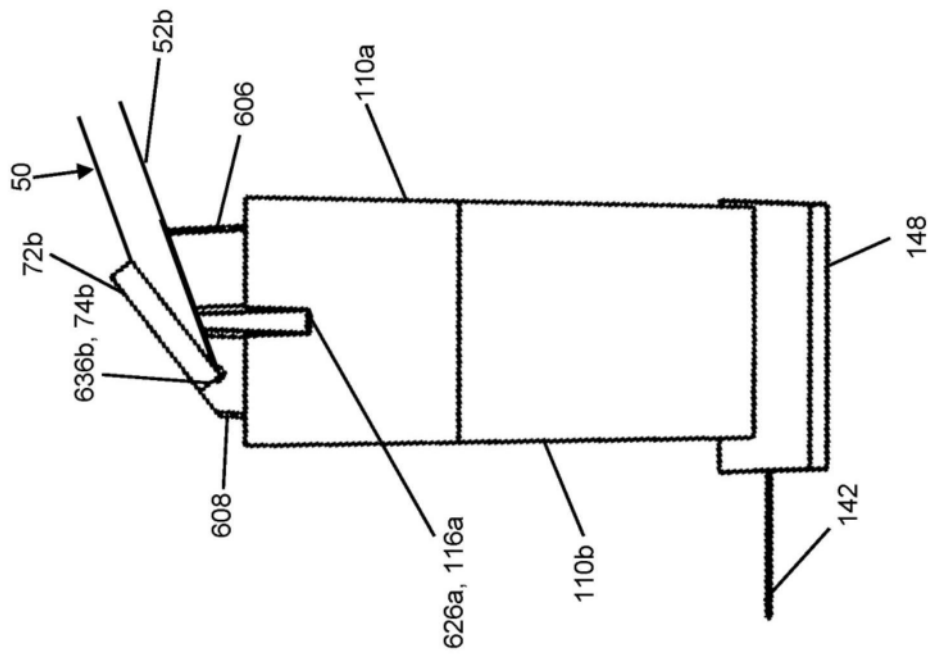


图18

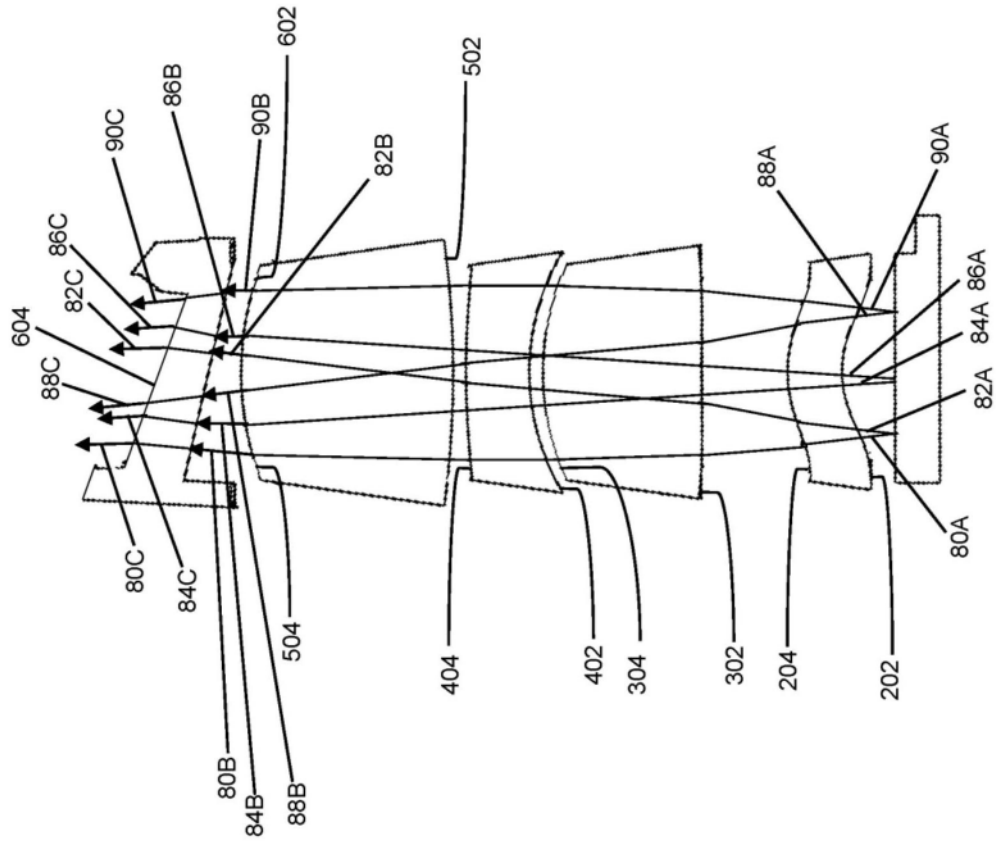


图19

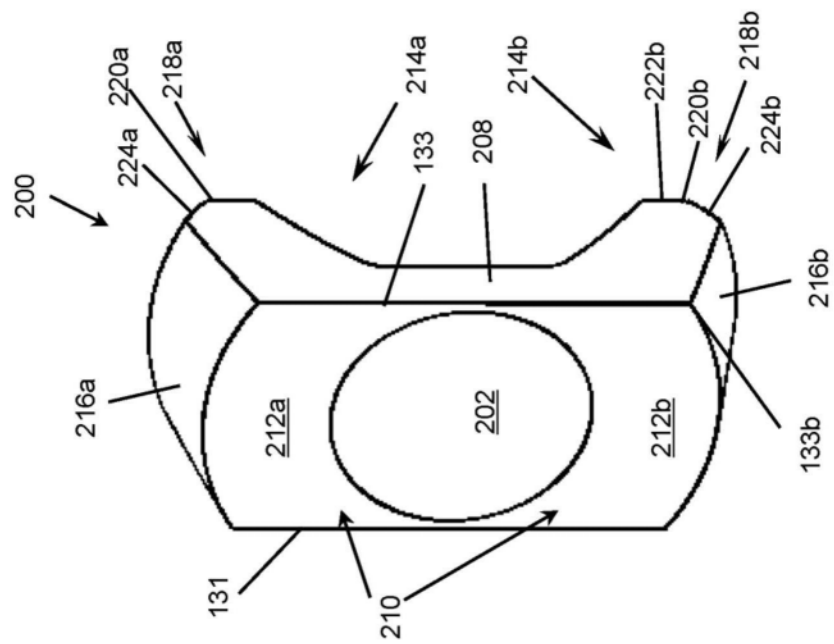


图20

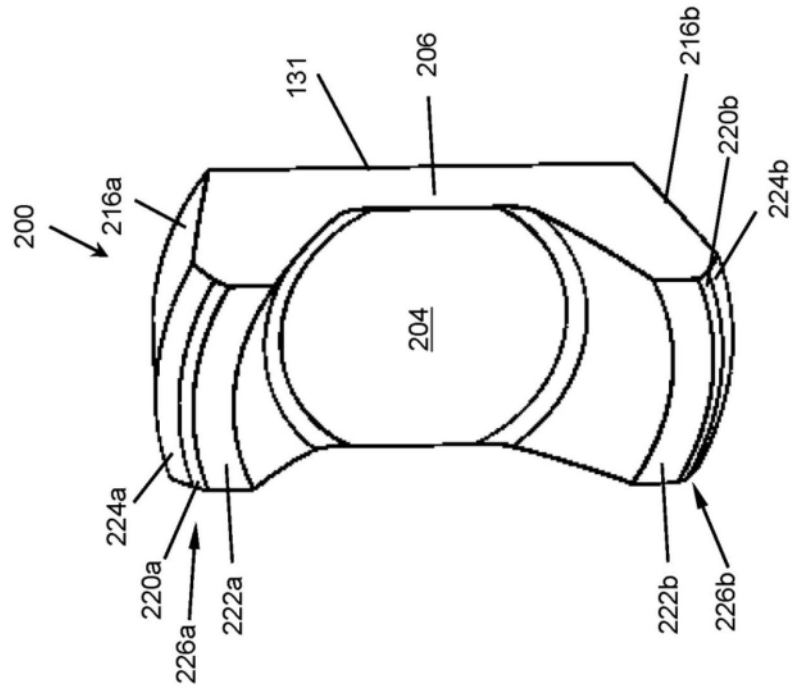


图21

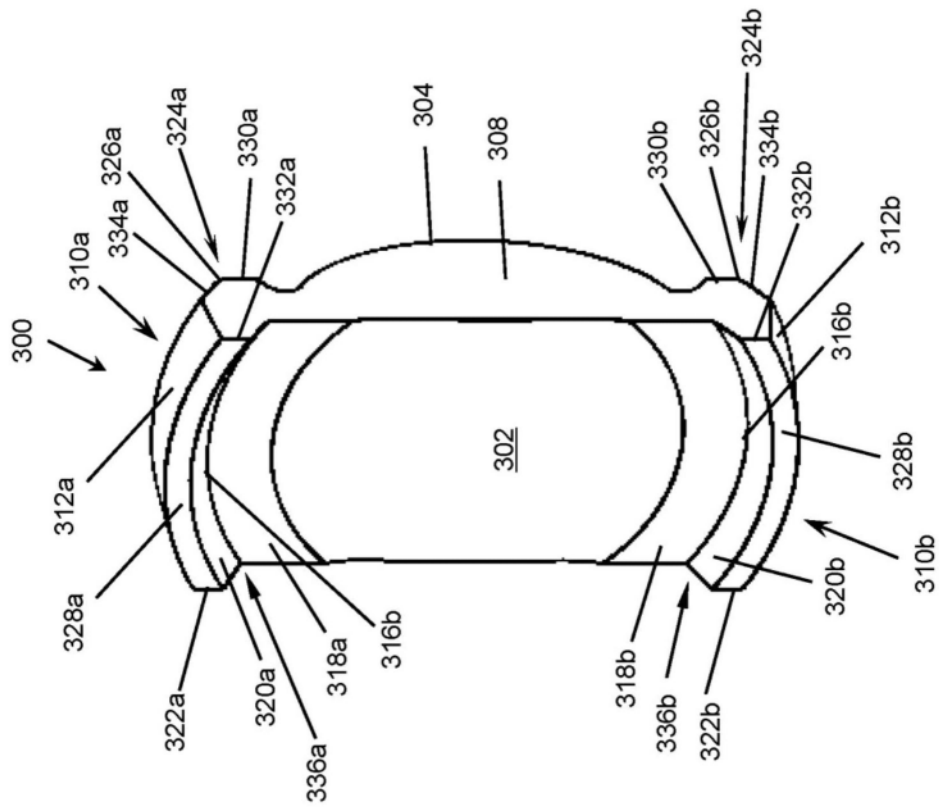


图22

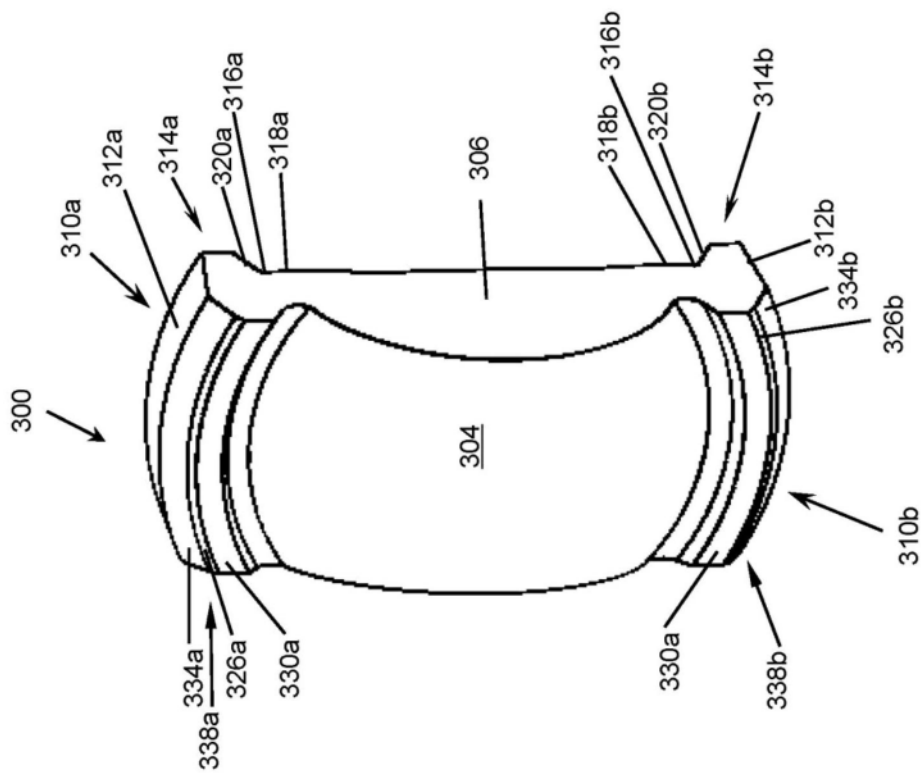


图23

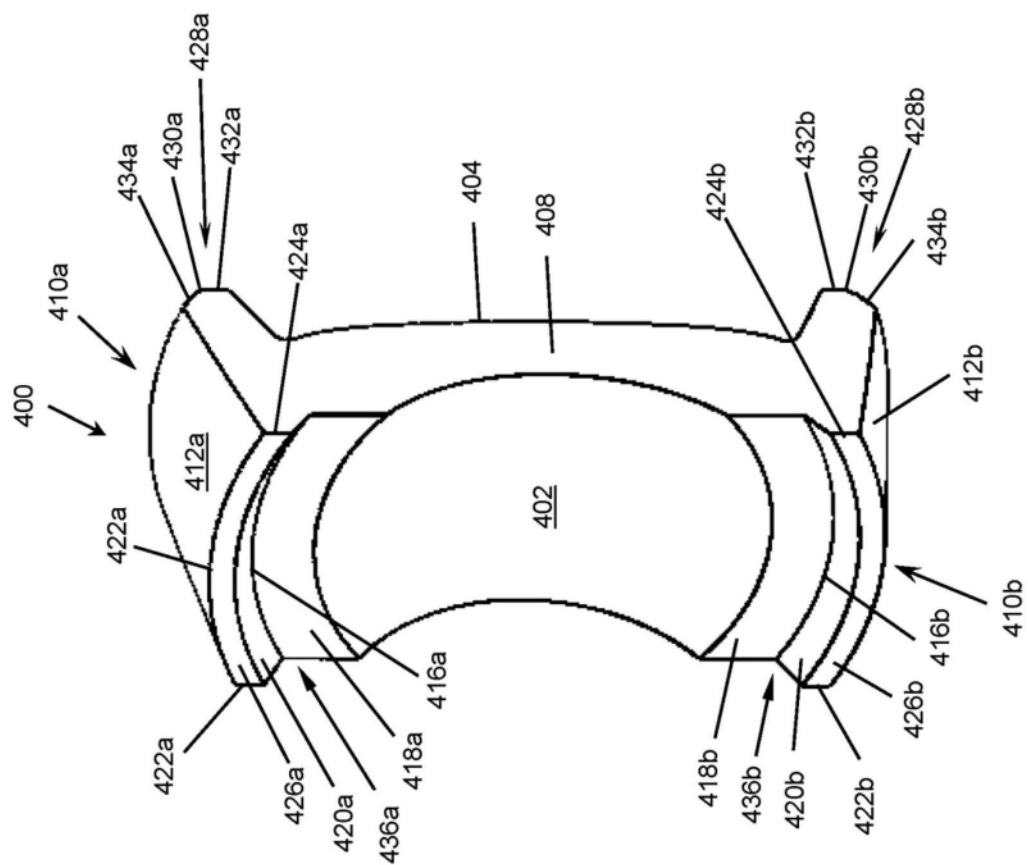


图24

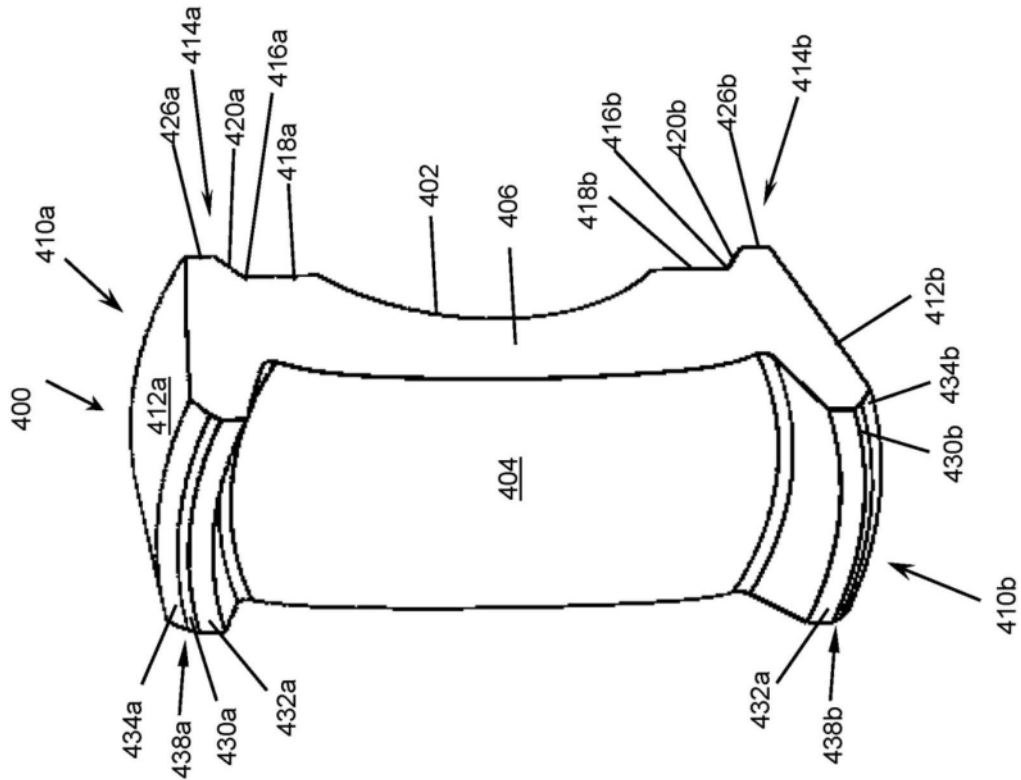


图25

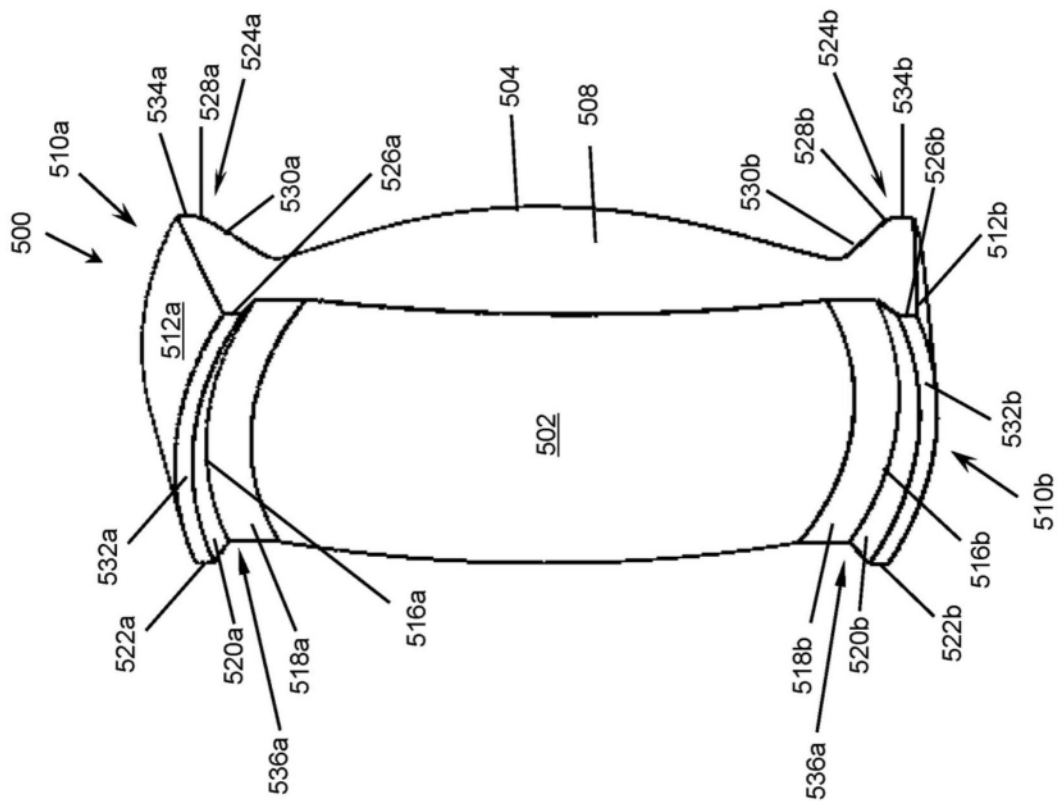


图26

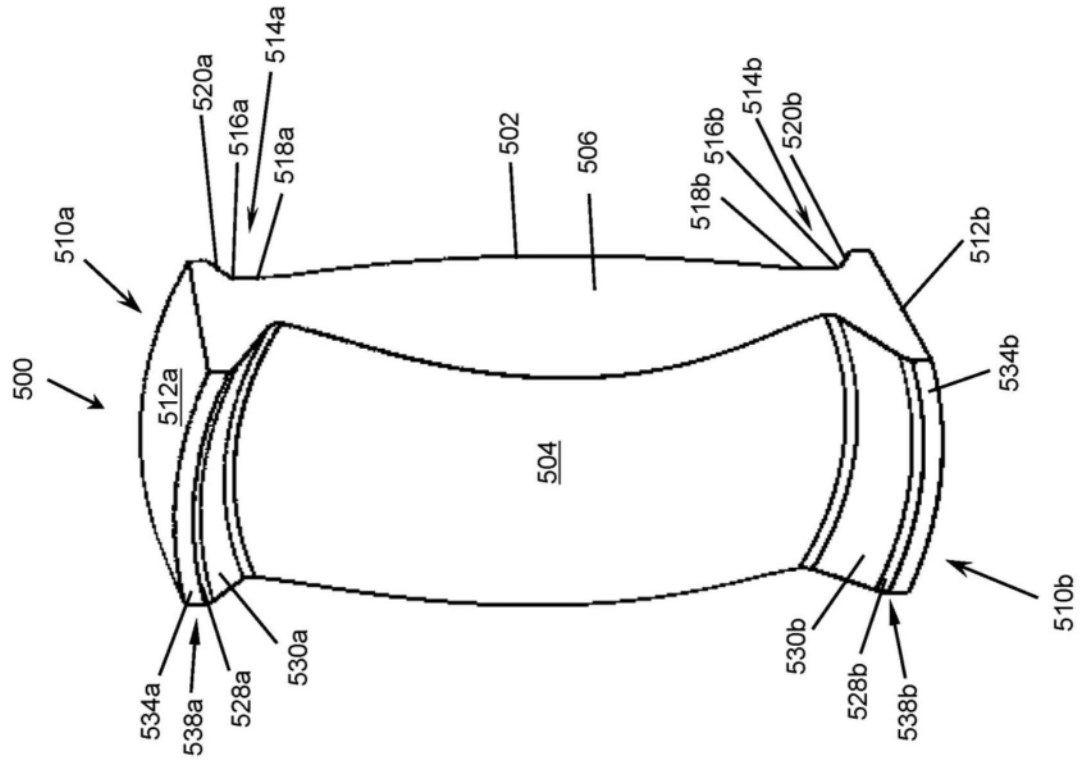


图27

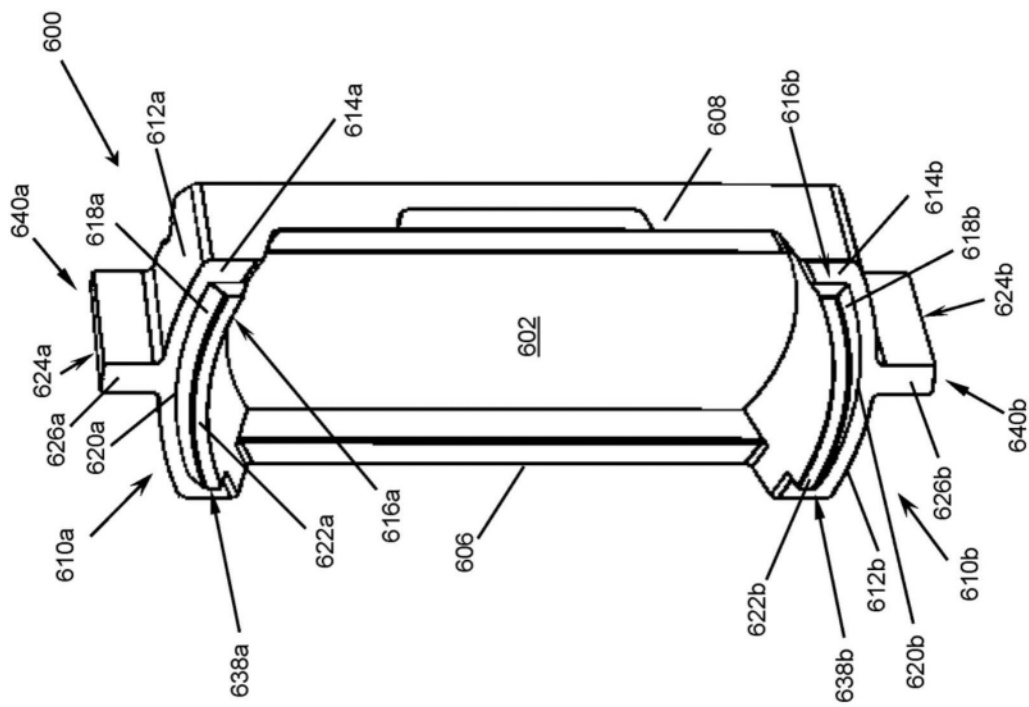


图28

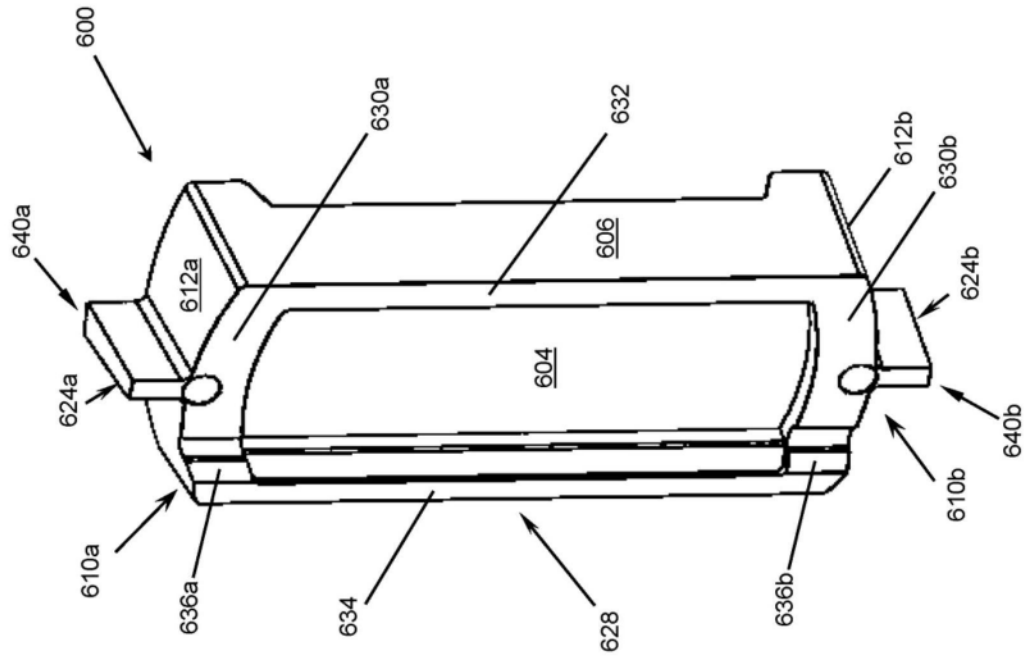


图29

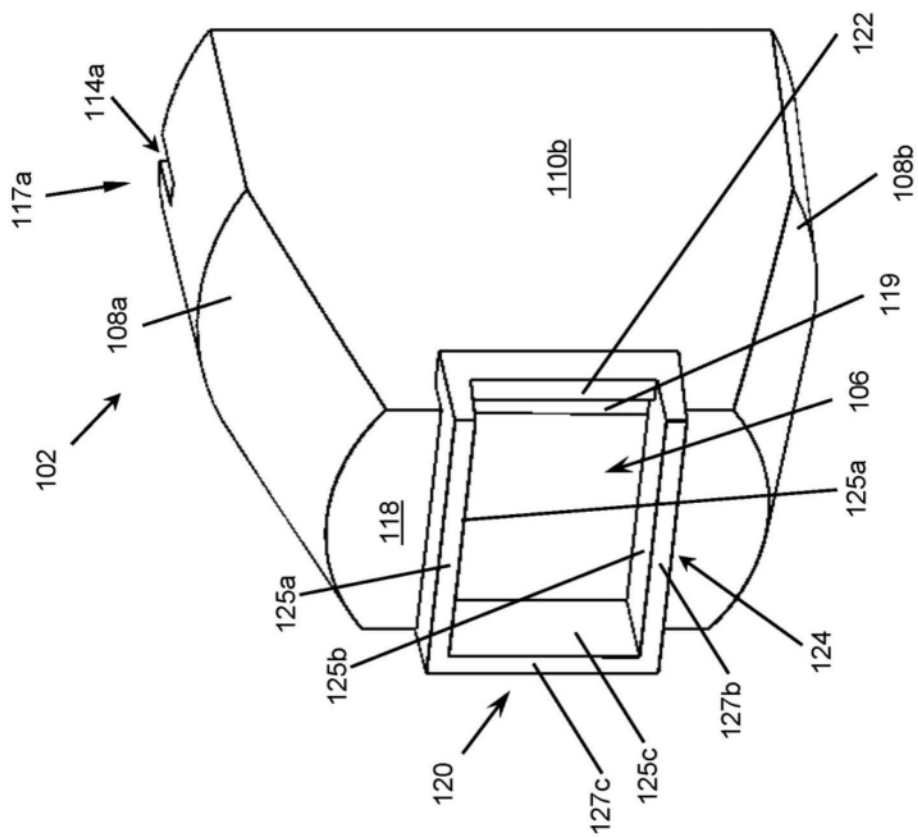


图30

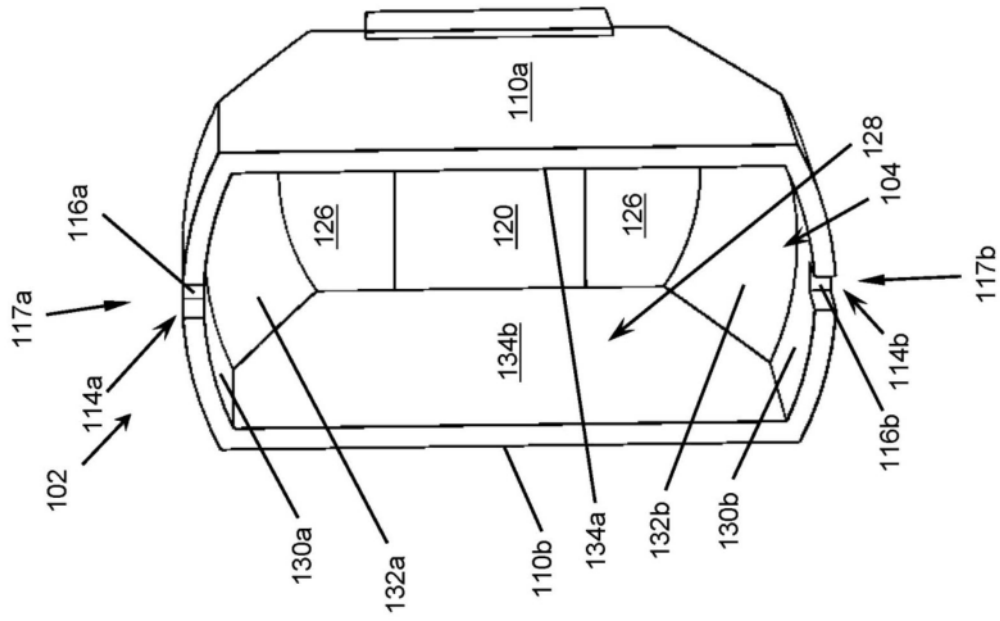


图31

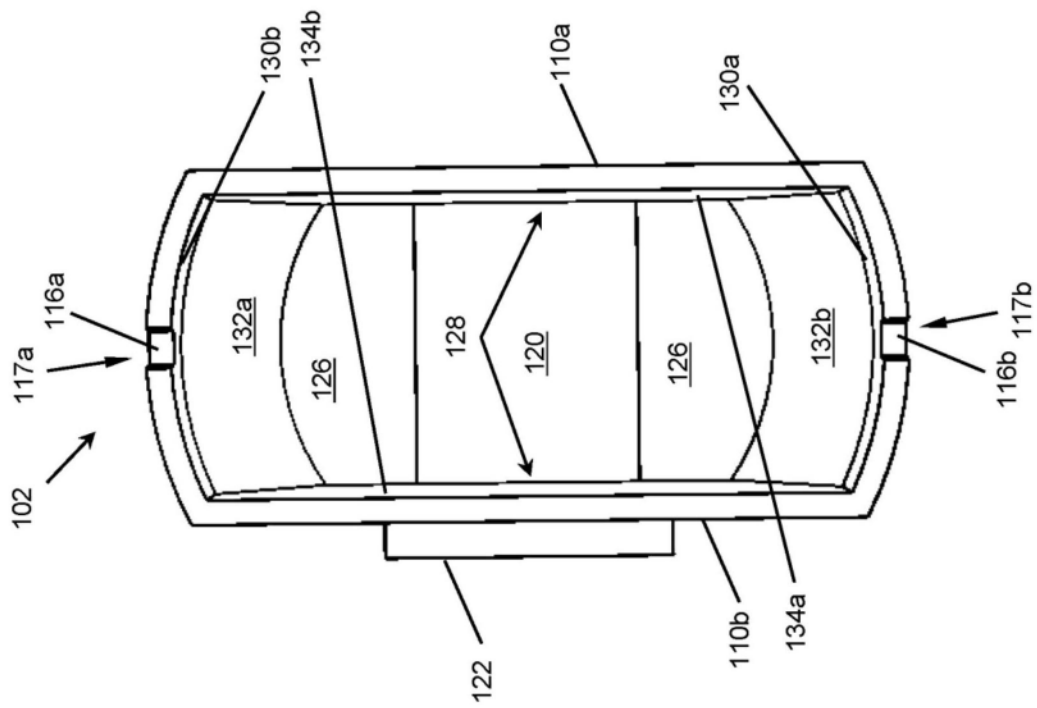


图32

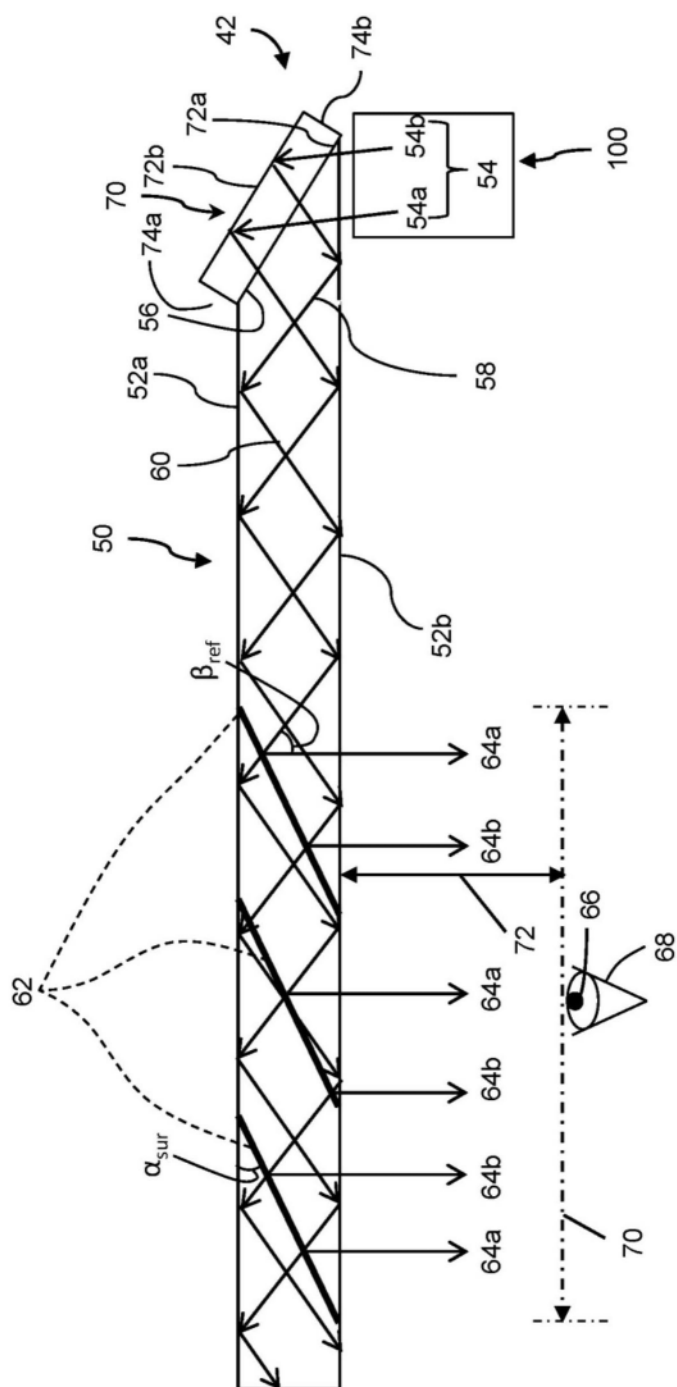


图33

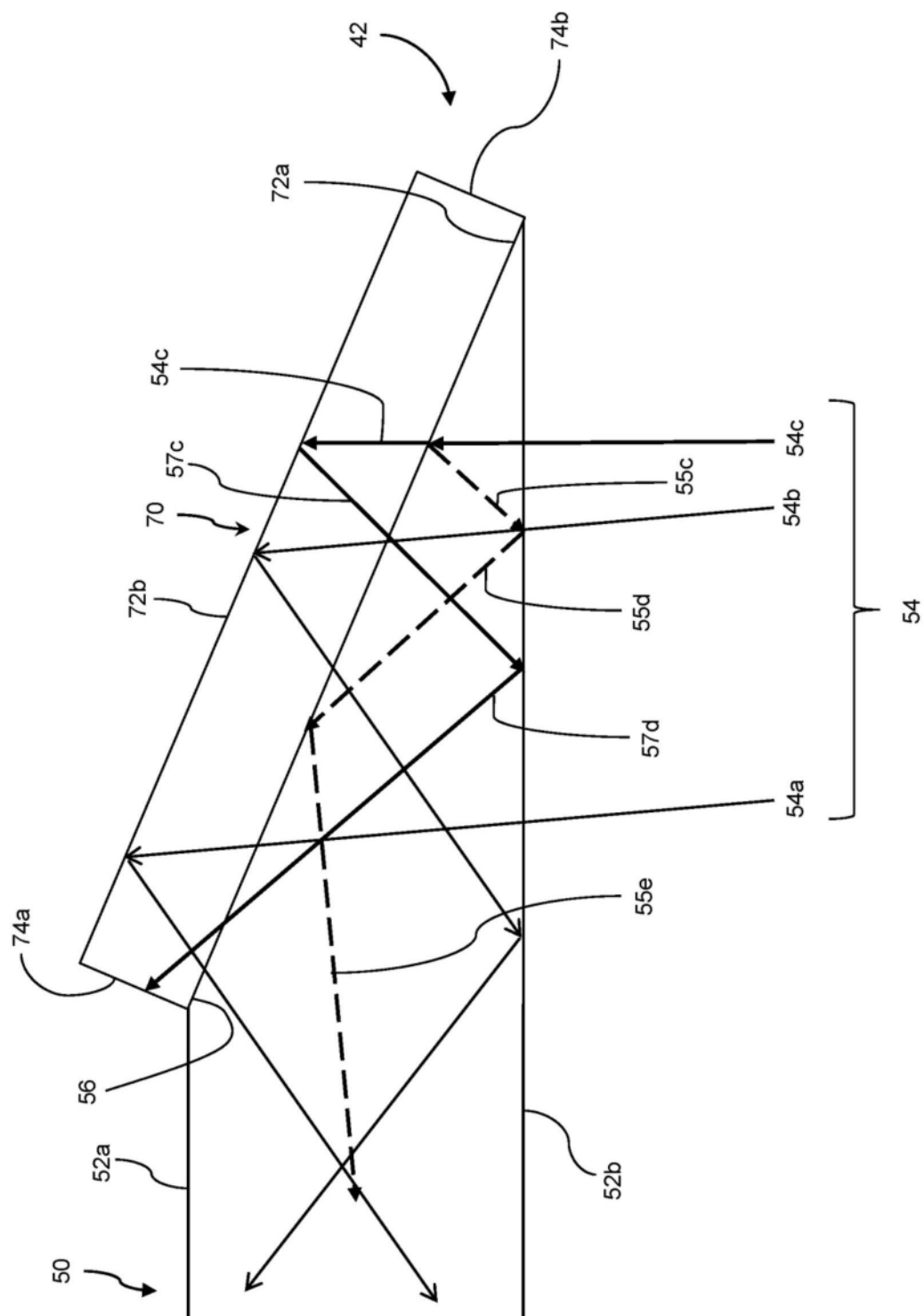


图34

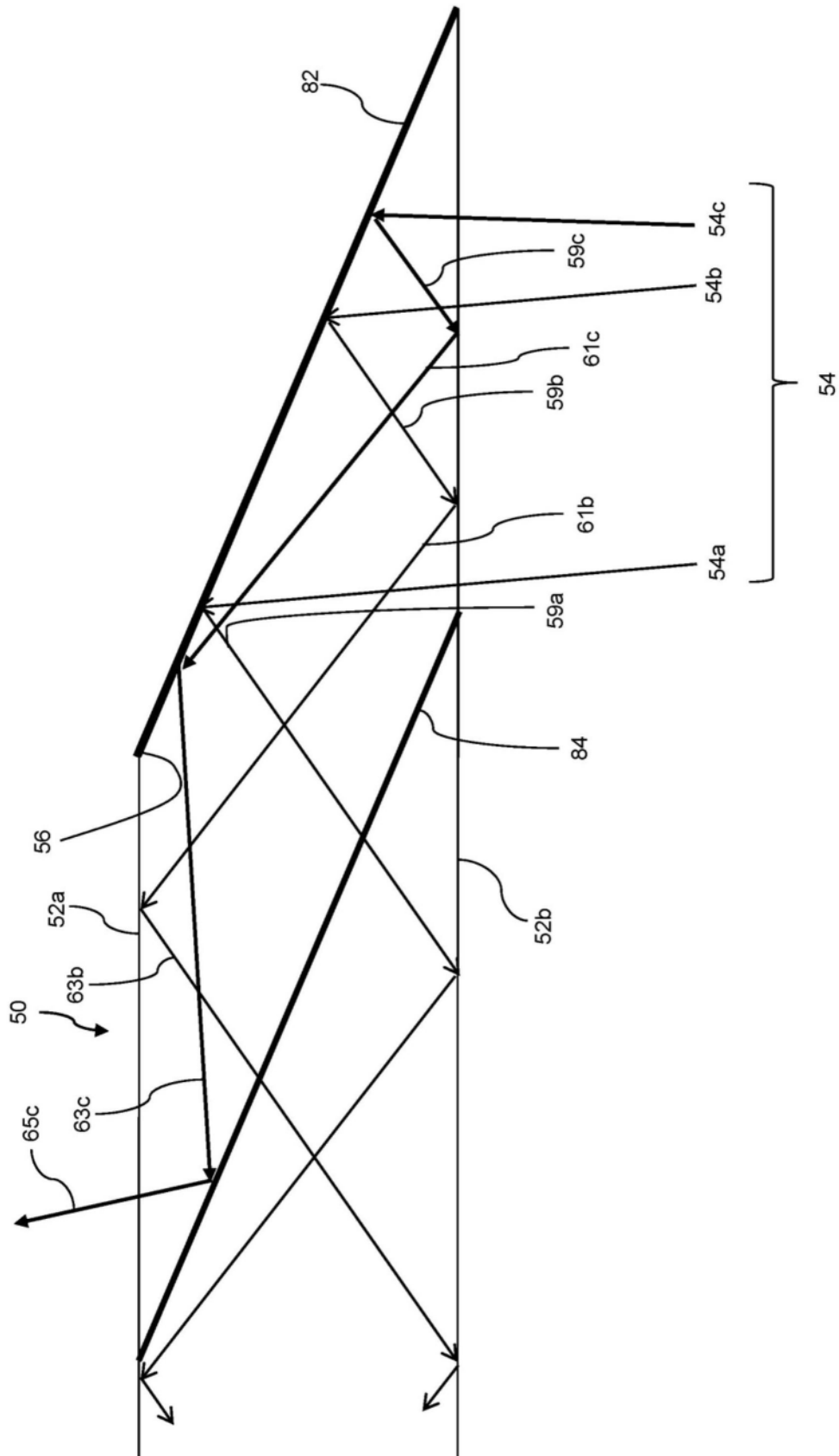


图36